

ISSN: 2806-3678 (Print); ISSN: 2806-366X (Online), DOI: 10.55858 / PROHIS

© THE BALTIC SCIENTIFIC JOURNALS

PROHIS

PROCEEDINGS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND INDUSTRIAL SAFETY

ƏMƏYİN MÜHAFİZƏSİ VƏ SƏNAYE TƏHLÜKƏSİZLİYİ ÜZRƏ MƏQALƏLƏR TOPLUSU

MULTIDISCIPLINARY JOURNAL

REFEREED & REVIEWED JOURNAL

VOLUME 01 ISSUE 01 2023

CİLD 01 BURAXILIŞ 01 2023



<https://prohis.org/>

“Engineers like to solve problems. If there are no problems handily available, they will create their own problems.” — Scott Adams

ISSN: 2806-3678 (Print); ISSN: 2806-366X (Online), DOI: 10.55858 / PROHIS

© THE BALTIC SCIENTIFIC JOURNALS

PROHIS

PROCEEDINGS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND INDUSTRIAL SAFETY
ƏMƏYİN MÜHAFİZƏSİ VƏ SƏNAYE TƏHLÜKƏSİZLİYİ ÜZRƏ MƏQALƏLƏR TOPLUSU

MULTIDISCIPLINARY JOURNAL
REFEREED & REVIEWED JOURNAL

VOLUME 01 ISSUE 01 2023

CİLD 01 BURAXILIŞ 01 2023

JOURNAL INDEXING
CROSSREF

BAKU 2023



Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası
Elmi Tədqiqat İnstitutunun direktoru Məmməd Bağır-zadə

Hörmətli oxucular!

Möhtərəm dövlət başçımız, ölkə Prezidenti İlham Əliyev Azərbaycan Respublikasında elmin, təhsilin, yüksək texnologiyaların inkişafını prioritet sahə elan etmişdir. Bundan irəli gələrək, insan kapitalının inkişafına xüsusi dəyər verilir, ölkədə onun investisiyalaşması, elmi infrastruktur təminatı hər il genişləndirilir və möhkəmləndirilir. Bu istiqamətdə güclü elmi-texniki bazası və bacarıqlı akademik heyəti ilə fərqlənərək, nüfuzuna və profilinə görə Qafqaz regionunun ən böyük elmi-tədqiqat institutlarından biri olan Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Elmi-Tədqiqat İnstitutu məqsədyönlü, səmərəli fəaliyyət göstərir. İnstitutun maddi-texniki, ixtisaslı kadr potensialı davamlı surətdə möhkəmləndirilir, institusional strukturu şaxələndirilir və təkmilləşdirilir. Strateji olaraq, mühüm elmi-innovasiya mərkəzinə çevrilməyi hədəfləyən İnstitutda bu baxımdan müvafiq elmi-tədqiqat təsisatlarının formalaşdırılmasının önəmi də artır.

Belə təsisatlardan biri də sənayedə və istehsalatın digər sektorlarında aktual problemlərin həlli istiqamətində ardıcıl araşdırmaların aparılmasını, bu sahədə İnstitutun professor-müəllim heyətinin fəaliyyətinə dəstək verilməsini, dövlət və ictimai institutlar ilə əlaqələrin inkişafını,

habelə sahə üzrə ekspert və konsaltinq xidmətlər göstərilməsini, sənayedə təhlükəsizliyin möhkəmləndirilməsi və onun effektivliyinin artırılması üzrə layihələrin və tətbiqi inkişaf ssenarilərinin hazırlanmasını qarşıya məqsəd qoyan Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Elmi-Tədqiqat İnstitutudur. İnstitutun bütün bu hədəflərə səmərəliliklə yanaşmasında, elm məhsullarının reallaşmasında, analitik informasiyalarının paylaşılmasında əhəmiyyətli rol oynayacaq “PROHIS” adlı jurnalının ilk buraxılışı qarşıңызdadır. “PROHIS” Əməyin Mühafizəsi və Sənaye Təhlükəsizliyi Üzrə Məqalələr Toplusudur. Jurnal sənayedə təhlükəsizliyin bütün aspektlərini özündə birləşdirir. Jurnalımız həm sənaye təhlükəsizliyi, həm də elmin bütün sahələri üzrə araşdırmalar və təhlillər aparan tədqiqatçılara, alim, doktorant və magistrantlara öz elmi fikir, mülahizə və qənaətlərini geniş oxucu auditoriyası ilə bölüşmək imkanı yaradan bir platforma olacaqdır.

Oxucularımız, həmçinin jurnalın müəllifləri olacaq yüksək hazırlıqlı, peşəkar mütəxəssislərin köməyi ilə müasir texniki, sosial proseslərin mahiyyətini dərk etmək, sənaye və istehsalatda olan problemlərdən, onların həlli yollarından xəbər tutmaq, mövcud qanunvericiliyin tətbiqi praktikası barədə dolğun məlumat almaq imkanı qazanacaqlar.

Jurnalın internet sahifəsində elektron versiyası yerləşdiriləcək.

Əziz oxucular!

Redaksiya heyəti və jurnalın yaradıcı kollektivi üzərinə düşən missiyanı əzmkarlıqla yerinə yetirəcək, sizin tələblərinizə adekvat olmağa çalışacaq, sənaye təhlükəsizliyi ilə bağlı dünyada, ölkədə və regionda gedən hadisələrin elmi-analitik işıqlandırılmasına, habelə elmə yeni töhfələr verməklə, onun nüfuzlu elmi nəşrlər sırasında yer tutmasına davamlı səylər göstərəcəkdir.



TABLE OF CONTENTS**Мамед Багир-заде**

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА И УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ 05-13

Оксана Морозова, Ибрагим Габибов, Лада Мехтиева

МЕЖДУНАРОДНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ 14-25

Ибрагим Габибов, Панах Сулейманов, Фарид Маммадов

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ДЕТАЛЕЙ И СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ 26-34

Ijabika Sardarova, Tural Mustafazade

CONTROL SYSTEM FOR WASTEWATER TREATMENT PROCESS 35-46

Elman Aliyev, Rena Gurbanova, Irada Ahmadova

NANOMATERIALS FOR REMOVAL HEAVY METALS AND PHENOLIC DERIVATIVES FROM AQUATIC SYSTEMS 47-64

Rufat Mangushev

INCREASING THE GASLIFT EFFECTIVENESS BY ADJUSTING MULTIPHASE FLOW HYDRAULIC CHARACTERISTIC 65-75

Minarə Yusifova

BUXAR QAZANLARINDA ETIBARLILIĞIN TƏMINI 76-80

Saməddin Qəhrəmanov, Qurban Məmmədov, Natavan Məmmədova

BORU KƏMƏRLƏRİNDƏKİ QÜSURLARIN-ZƏDƏLƏRİN TƏYİN EDİLMƏ METODLARININ TƏDQIQI 81-86

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА И УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мамед Багир-заде

Азербайджанский Государственный Научно-Исследовательский Институт Охраны Труда и Техники
Безопасности, директор, m.baghirzada@azdemtteti.az

РЕЗЮМЕ

Для оценки надежности и вероятности безотказной работы технических систем рассмотрены наиболее приемлемые в анализе статистических данных об отказах элементов системы непараметрические методы построения плотности вероятностей распределения. В отличие от традиционно используемых параметрических методов анализа статистической информации, непараметрические методы не требуют предположения о виде закона распределения случайных величин.

На примере исследования надежности и безопасности элементов и узлов нефтепромыслового оборудования (электроцентробежных и плунжерных насосов, уплотнительных узлов) показана эффективность применения разработанных в последнее время таких непараметрических методов, как метод пертурбационной функции, применимый в случае небольших отклонений статистической кривой распределения от нормального типа, и метод корневой оценки плотности распределения наработок до отказа по эксплуатационным данным, в том числе по цензурированным выборкам с неизвестными моментами времени некоторых отказов. Дано обоснование возможности применения этих методов для оценки надежности, наработки до отказа и уровня безопасности сложных технических систем, содержащих опасные производственные объекты (ОПО), техногенные риски в которых тесно связаны с экономическими рисками.

Старение и накопленная усталость элементов системы, взаимно-обратимость процессов изнашивания и наработок до отказа, а также влияние отказа и даже предотказового состояния одного элемента системы на работоспособность других элементов, обуславливает необходимость использования (монотонного или немонотонного) диффузионного распределения в оценках надежности безотказной работы и уровня безопасности сложных технических систем. Поэтому в работе предлагается, наряду с различными другими теоретическими распределениями наработки до отказа, использовать гипотезу о наличии диффузионных распределений, являющихся вероятностно-физическими моделями распределения случайной величины $v=r/N$, где r – число отказов из N наблюдений.

Для систем с резервными элементами, в которых для осуществления защиты обслуживающего персонала используются автоматические устройства с определенными вероятностями срабатывания, получено аналитическое выражение для наработки до момента t системы в целом.

Ключевые слова: техногенные и экологические риски, наработка до отказа, пертурбационная функция, корневое оценивание, монотонное и немонотонное диффузионные распределения, цензурированная выборка, опасный производственный объект, плотность распределения отказов.

Актуальность темы

Экологическая и техногенная безопасность с определенной вероятностью исключает проявленные опасности. Опасные ситуации возникают при нахождении человека в опасной зоне, т.е. в пространстве, в котором постоянно, периодически или эпизодически возникают опасности, реализующиеся вследствие совокупности причин, обусловленных воздействием опасных или (и) вредных факторов на человека.

До конца прошлого столетия почти все техногенные системы разрабатывались без учета экологического риска и риска возникновения аварий и катастроф. В результате этого увеличилось количество источников экологической опасности. Или являются опасные производственные объекты и природные объекты с изменяющимися свойствами под воздействием антропогенных факторов, что обуславливает появление физических, химических и биологических характеристик, представляющих угрозу населению [1-3].

Становится очевидным, что проблема промышленной безопасности не ограничивается только вопросами научно-технического характера, а имеет огромное социально-экономическое значение в области обеспечения национальной безопасности страны. Поэтому в последние годы проявляется стремительное возрастание интереса к проблеме экологической безопасности, к разработке методов оценки техногенных воздействий на экономические системы и здоровье населения, оценки рисков и экологических проблем, порождаемых такими воздействиями, и к поиску путей управления, которые позволяют обеспечить их снижение [4, 5].

Под термином «опасность» подразумевается возможность осуществления некоторых условий технического, природного и социального характера, при которых могут наступить неблагоприятные события и процессы: природные катастрофы или бедствия, аварии на промышленных предприятиях, экономические или социальные кризисы. Чрезвычайная ситуация (ЧС) представляет собой совокупность событий и опасностей, внезапно нарушающих условия жизнедеятельности, создающих угрозу жизни и здоровью людей, среде их обитания, а также элементы техносферы. Техногенная чрезвычайная ситуация (техногенная ЧС) – это состояние, образующееся при возникновении источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте или определенной территории (акватории), приводящей к нарушению нормальных условий жизни и деятельности людей и к возникновению угрозы их жизни и здоровью, к ущербу имущества населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. Каждую ЧС можно рассматривать как крупномасштабную опасную ситуацию с угрозой одновременно большому числу людей и объектам техносферы.

Количественной мерой опасности является риск, характеризуемый частотой реализации опасности, и выражающий возможную вероятность нежелательного события или наступления определенного сочетания нежелательных событий. Техногенный риск включает как вероятность чрезвычайной ситуации, так и величину ее последствий, определяемых объемом и ценностью причиняемого ущерба.

Безопасность – это защищенность отдельных лиц, общества и природной среды от чрезмерной опасности. В качестве единиц измерения безопасности используются показатели, характеризующие состояние здоровья человека и состояние (качество) окружающей среды. Целью процесса обеспечения безопасности являются достижение максимально возможного уровня благоприятных показателей здоровья человека и высокого качества окружающей среды.

Почти все виды риска (природный, экологический, экономический, социальный и пр.) связаны между собой. Экологический риск невозможно исследовать отдельно от техногенного, а техногенный риск, при определенном стечении обстоятельств, может перейти в экологический, например, авария на опасном производственном объекте, повлекшая за собой загрязнение компонентов окружающей среды. И наоборот, экологический риск может повлечь за собой техногенный. Например, деградация окружающей среды, нехватка чистой воды может увеличить социальное напряжение в обществе, привести к забастовке или оттоку рабочей силы, текучке кадров, являющейся первым предвестником аварий на производстве.

Техногенный риск является обобщенной характеристикой возможности проявления опасности в техногенной сфере, определяемой через вероятность возникновения техногенной аварии или катастрофы и через математическое ожидание негативных последствий от них. При определении показателей техногенного риска используют критерии прочности, остаточного ресурса, долговечности (живучести), надежности, а также данные по ущербам – людям, объектам техносферы и окружающей среды. Источниками техногенного риска являются отказы отдельных элементов (узлов) техногенных систем, ошибки операторов и персонала (человеческий фактор), опасные природные процессы. Для снижения техногенного риска применяются комплексные методы, включающие построение систем защиты и барьеров (резервные элементы с автоматическим устройством срабатывания) для возникновения техногенных аварий и катастроф, а также проведение диагностики и мониторинга технических систем и операторов.

Цель работы – оценка надежности и уровня безотказности технических систем, включающих опасные производственные объекты (ОПО), с применением к элементам (узлам) нефтепромыслового оборудования.

Оценка надежности техногенных систем с обеспечением необходимого уровня безопасности

Базовым показателем безопасности эксплуатации технических систем является вероятность $S(t)$ (от англ. «safety» - безопасность) проведения производственного процесса без происшествий в течение некоторого времени t , под которой подразумевается объективная мера невозможности появления происшествий при выполнении работ в заданных условиях. При расчете показателя безопасности особо ответственных работ или анализе крупных аварий используются вероятностно-статистические методы.

Вероятность возникновения аварийной ситуации на отрезке времени $[0, t]$ (обозначается $H(t)$) должна удовлетворять условию $H(t) \leq H_*$, где H_* - предельно допустимое (нормативное) значение риска.

Функция риска на отрезке времени $[0, t]$, т.е. вероятность $H(t)$ дополняет функцию безопасности $S(t)$ до единицы:

$$S(t) + H(t) = 1. \quad (1)$$

Интенсивность риска (удельный риск) аналогична интенсивности отказов (см. далее формулу (6)):



$$h(t) = -\frac{S'(t)}{S(t)} = \frac{H'(t)}{1-H(t)}. \quad (2)$$

Поскольку уровень безопасности должен быть высоким, то можно принять

$$1-H(t) = S(t) \approx 1. \quad (3)$$

Тогда интенсивность риска будет

$$h(t) \approx H'(t) = -S'(t). \quad (4)$$

Основным показателем безотказности технического объекта, с точки зрения его надежности, является вероятность безотказной работы $P(t)$, которая определяет вероятность того, что в заданном интервале времени $[0, t]$ не возникнет отказа этого объекта. Как и для всякой вероятности, $0 \leq P(t) \leq 1$, при этом

$$P(t) + F(t) = 1, \quad (5)$$

где $F(t)$ - вероятность отказа в интервале времени $[0, t]$.

Допустимое значение величины $P(t)$ выбирается в зависимости от степени опасности отказа. Для особо ответственных изделий допустимые значения $P(t) = 0,9999$ и выше, т.е. практически $P(t) = 1$.

Внезапные отказы возникают по причине, не связанной с изменением состояния объекта и временем его предыдущей работы, а зависящей от уровня внешних воздействий. Эти отказы описываются интенсивностью отказов λ , определяемой вероятностью возникновения отказа в единицу времени при условии, что до этого момента времени отказ не возникал

$$\lambda(t) = \frac{F\left(\frac{\Delta t}{t}\right)}{\Delta t} = \frac{1-P\left(\frac{\Delta t}{t}\right)}{\Delta t}, \quad (6)$$

Согласно теории надежности, вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(t) = \exp \left[-\int_0^t \lambda(t) dt \right], \quad (7)$$

При $\lambda(t) = \text{const}$ получается экспоненциальный закон надежности, при этом λ измеряется числом отказов в единицу времени.

Проблемы оценки надежности и повышения безопасности нефтепромыслового оборудования рассматривались в работах [6, 7].

Однако, величина вероятности события, что «отказ» произойдет за определенный период времени $P_{\Delta t}(\Delta t)$, которая широко используется в теории надежности для анализа отказов простых элементов и узлов, неприменима в анализе техногенного риска сложных технических систем, включающих опасные производственные объекты (ОПО). В этом случае исследователей интересует сам факт возникновения аварийного события и в

меньшей степени – конкретный момент времени наступления опасных отказов как случайной величины Δt [2].

Функция плотности интервалов времени между двумя последовательными авариями $f(\Delta t)$ для ОПО может не иметь экспоненциального распределения и, с точки зрения безопасности, формула (7) для вероятности безотказной работы не имеет практического значения для ОПО.

В настоящее время большое внимание исследователей уделяется развитию непараметрических методов [8, 9], не требующих (в отличие от параметрических методов анализа статистической информации) предположения о виде закона распределения случайных величин. Дело в том, что зачастую невозможно указать, какое конкретное распределение результатов наблюдений должно входить в то или иное параметрическое семейство.

Одним из нестандартных непараметрических методов является корневой метод построения плотности распределения случайной величины, предложенный в работе [10].

В работе [11] на основе корневого метода получены оценки функции распределения наработки до отказа и вероятности безотказной работы для электроцентробежных насосов (ЭЦН). Данный метод позволяет провести дополнительный углубленный анализ надежности с использованием функции интенсивности отказов, что несвойственно параметрическим методам.

В процессе анализа надежности приходится сталкиваться с ситуациями, когда определенная часть объектов не отказывает за период наблюдения и возникает необходимость в проведении статистического анализа надежности на основе специфических выборок, в которых отсутствуют сведения о моментах отказов некоторой контролируемой части изделий. Процесс возникновения такой неопределенности моментов отказа называется цензурированием. Интервалом неопределенности называется интервал времени, в котором произошел, либо произойдет отказ объекта, при этом точное значение времени реализации данного отказа неизвестно. Этот интервал может быть неограниченным справа или слева. В первом случае говорят, что выборка цензурирована справа, во втором случае – цензурирована слева. Если интервал неопределенности момента отказа ограничен слева и справа, то говорят о цензурировании интервалом. Цензурированной выборкой называется [12] выборка, элементами которой являются наработки до отказа и наработки до цензурирования, либо только значения наработки до цензурирования. Такие выборки требуют специальной методики обработки. В работах [12, 13] показано, что для оценки надежности электро-насосных установок метод корневого оценивания после соответствующей корректировки расчетных формул применим и в случае цензурированных выборок.

К классу непараметрических методов анализа надежности технических систем относится так называемый метод пертурбационной функции. Данный метод, основанный на предложенной впервые С.Н. Бернштейном [12] пертурбационной функции, применим для широкого класса распределений, убывающих на бесконечности не быстрее экспоненциальной функции. Определяемый по этому методу закон распределения характеризует главное ядро совокупности значений случайной величины наработки на отказ, исключая немногие ее элементы, уклоняющиеся от общего закона распределения. Так, в работе [14] с использованием пертурбационной функции были получены достаточно эффективные оценки безотказности узлов уплотнения нефтепромысловых насосов.

Важное место среди причин отказов узлов уплотнения насосных установок занимает старение системы. Эластичные материалы (ФТ4А, ИРП-1293, СКН40, СКЭПТ60, ПВХ10), из которых изготавливаются элементы системы уплотнения, с течением времени претерпевают необратимые изменения. Эти изменения порождаются процессами износа, накопления деформаций и усталости, диффузии одного материала в другой, которые налагаются друг на друга, взаимодействуют и в конечном счете вызывают изменения рабочих характеристик. Когда рабочая характеристика элемента системы выходит за заданные (допустимые) пределы, он начинает работать неудовлетворительно, что квалифицируется как отказ. В общем случае под влиянием старения рабочая характеристика может изменяться немонотонно и отказы элемента описываются немонотонным диффузионным распределением (DN-распределением), однако в большинстве случаев она меняется монотонно, что соответствует монотонному диффузионному распределению (DM-распределению) отказов [15, 16]. Предположение о монотонном характере изменения рабочей характеристики узла уплотнения плунжерного насоса, что гораздо шире принятого в работе [17] предположения о линейном веерном характере изменения рабочей характеристики, дало возможность использовать [18] в качестве модели отказов диффузионное монотонное (DM) распределение.

Непрерывный марковский процесс с монотонными реализациями, которому соответствует DM-распределение, есть одна из схем формализации вероятностно-физических моделей отказов, приводящих к повышению точности оценок показателей надежности и снижению затрат на исследование независимо от типа изделий (механических или электронных). Диффузионные распределения, будучи вероятностно-физическими моделями надежности, имеют большие преимущества перед строго вероятностными моделями, заключающиеся в том, что их параметры могут быть оценены как на основе статистики отказов (в этом случае они могут рассматриваться как строго вероятностные модели), так и на основе анализа статистических характеристик физических процессов, приводящих к отказу, а также при совместном использовании статистической информации обоих типов. Немаловажным фактором, способствующим решению задач надежности с помощью диффузионных распределений, является то, что параметр формы этих распределений, а именно коэффициент вариации представляет собой обобщенную характеристику взаимобратимых процессов изнашивания и распределения наработки, которая может быть (с достаточной для инженерной практики точностью) оценена априори на основании многочисленных исследований как процессов прочности, усталости, изнашивания и др., так и статистических данных об отказах при испытаниях и эксплуатации изделий-аналогов. Описанные выше методы оценки надежности в применении к опасным отказам позволяют рассчитывать уровень безопасности опасных производственных объектов (ОПО). При этом в оценках вероятности безотказной работы предусматривается использование преимуществ и потенциальных возможностей применения в анализе надежности метода пертурбационной функции в случае небольших отклонений статистической кривой распределения от нормального типа и метода корневой оценки плотности распределения наработок до отказа по эксплуатационным данным (в том числе по цензурированным выборкам). Взаимобратимость процессов изнашивания и наработок до отказа, а также влияние отказа (даже предотказового состояния) одного элемента системы на снижение работоспособности других элементов, обуславливают необходимость использования диффузионных распределений.

Для повышения надежности и безотказности сложных технических систем применяется резервирование, т.е. создаются дублирующие элементы. При выходе из строя некоторого элемента узла дублер выполняет его функции, и узел не прекращает своей работы. При постоянном (нагруженном) резервировании, когда резервные элементы постоянно присоединены к основным и находятся в одинаковом с ними режиме работы, отказ системы является сложным событием, которое будет иметь место при условии возможного отказа некоторых или всех его элементов $1, 2, \dots, m$.

Безотказность системы с параллельно резервированными элементами рассчитывается по формуле

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^m F_i = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_i) \quad (8)$$

где F_i – вероятность отказа i -го элемента, а P_i – вероятность безотказной работы i -го элемента.

Для осуществления защиты обслуживания персонала при опасных отказах системы используются автоматические устройства с вероятностью $P_i(\eta=1)$ их срабатывания при отказе i -го элемента системы. Если при опасном отказе i -го элемента системы требуется срабатывание l_i автоматических защитных устройств $k_i = 1, 2, \dots, l_i$ с вероятностями срабатывания P_{i,k_i} , то вероятность $P_i(\eta=1)$ вычисляется по формуле

$$P_i(\eta=1) = 1 - P_i(\eta=0) = 1 - \prod_{k_i=1}^{l_i} (1 - P_{i,k_i}), \quad (9)$$

а вероятность безотказной работы системы в целом по формуле

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^m F_i P_i(\eta=0) = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_i) \prod_{k_i=1}^{l_i} (1 - P_{i,k_i}), \quad (10)$$

где $P_i(\eta=0)$ – вероятность несрабатывания защитной системы i -го элемента; $P_i(\eta=1)$ – вероятность срабатывания защитной системы i -го элемента; F_i – вероятность возникновения отказа i -го элемента (при отсутствии или отключении защитной системы); $P(t)$ – вероятность безотказности (наработки) до момента t системы в целом при наличии защитной системы во всех элементах системы.

Заключение

Показана возможность применения нестандартных непараметрических методов оценки распределения наработки до отказа (метод пертурбационной функции и метод корневого оценивания) к оценке надежности и уровня безопасности технических систем с опасными производственными объектами.

Принимая во внимание взаимобратимость процессов изнашивания и наработки до отказа, а также влияние отказа и предотказового состояния одного элемента системы на его другие элементы, предлагается испытывать гипотезу о наличии диффузионного распределения, представляющего вероятностно-физическую модель распределения случайной величины $v=r/N$, где r – число отказов из N наблюдений.

Получена формула для наработки до отказа в момент t системы в целом при наличии резервных элементов с защитными автоматическими устройствами с известными вероятностями срабатывания, которые используются для защиты обслуживающего персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akimov V.A., Lapin V.L., Popov V.M., Puchkov V.A., Tomakov V.I., Fadeyev M.I. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyy risk. –M.: ZAO FID «Delovoy ekspress», 2002. -368 s.
2. Vetoshkin A.G., Tarantseva K.R. Tekhnogennyy risk i bezopasnost' – Penza: Izd-vo Penz. Gos. un-ta, 2001. -171 s.
3. Kolesnikova Ye.V. Tekhnogennyye sistemy i ekologicheskiy risk: uchetno-metodicheskoye posobiye dlya vysshikh uchebnykh zavedeniy. SPb.: RGTU, 2020. -124 s.
4. Kas'yanenko A.A., Mikhaylichenko K.YU. Analiz riska avariyy tekhnogennykh sistem: Monografiya. –M.: Izd-vo RUDN, 2008. -182 s.
5. Khokhlov N.V. Upravleniye riskom: Ucheb. posobiye dlya vuzov. –M.: YUNITI-DANA, 2001. -239 s.
6. Baloba V.I., Dunyushkin I.I., Pavlenko V.P. Promyshlennaya bezopasnost' dobychi nefiti i gaza. M.: «Natsional'nyy institut nefiti i gaza», 2008.-456 s.
7. Babayev S.G., Kershenbaum V.A., Gabibov I.A. Evolyutsiya nadezhnosti v kompleksakh «kachestvo-konkurentosposobnost' neftepromyslovogo oborudo-vaniya». Mezhdunarodnoye nauchnoye izdaniye. –M.: «Natsional'nyy institut nefiti i gaza», 2020. - 416 s.
8. Devroy L., D'yerfi L. Neparametricheskiye plotnosti. L1-podkhod /Per. s angl. M.: Mir, 1988. -408 s.
9. Penskaya M.YA. Ob otsenkakh apriornoy plotnosti. Statisticheskkiye metody //Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. Prm' RF: Permskiy Universitet, 1982. –s. 115-125.
10. Bogdanov YU.I. Osnovnaya zadacha statisticheskogo analiza dannykh: kornevoy metod. – M.: MIET, 2002. -96 s.
11. Gabibov I.A., Dyshin O.A., Abasova S.M. Otsenka mezhremontnogo perioda pogrzhnykh elektronasosov na osnove kharakteristik nadezhnosti. –M.: OAO VNIIOENT «Oborudovaniye i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa», 2014, №5, s. 51-59.
12. Antonov A.V., Chepurko V.A., Zyulyayeva N.G. i dr. Statisticheskyy analiz ekspluatatsionnoy nadezhnosti elektronasosnykh agregatov TSN 60-180 reaktorov VVER – 1000 metodami kornevogo otsenivaniya. –M.: Avtomatika i telemekhanika, 2010, №7. – s. 160-172.
13. Dyshin O.A., Abasova S.M. Otsenka ekspluatatsionnoy nadezhnosti pogrzhnykh elektronasosov s ispol'zovaniyem tsenzurirovannykh vyborok. Baku: Socar Proceedings, 2013, №4, s. 61-68.
14. Gabibov I.A., Guseynova V.SH., Dyshin O.A. Issledovaniye nadezhnosti uplotnitel'nykh uzlov neftepromyslovykh nasosov s ispol'zovaniyem perturbatsionnoy funktsii. –M.: Neftepromyslovoye delo, 2011, №5, s. 28-34.



15. GOST 27004-2009. Nadezhnost' v tekhnike. Modeli otkazov. –M.: Sov. radio, 1966. -166 s.
16. DSTU-3942-99. Nadezhnost' v tekhnike. Plany ispytaniy dlya kontrolya sredney narabotki do otkaza (na otkaz) – 4.2. Diffuzionnyye raspredeleniya, 2000. -34 s.
17. Gertsbakh I.B., Kordonskiy KH.B. Modeli otkazov. –M.: Sov. radio, 1966. -166 s.
18. Gabibov I.A., Guseynova V.SH. Otsenka nadezhnosti uzlov uplotneniya plunzhernykh nasosov na osnove veroyatnostno-fizicheskogo podkhoda k protsessu iznashivaniya. /Sb. «Trudy RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina». –M: 2012, №2/267. –s. 157-166.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-05



МЕЖДУНАРОДНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

¹Оксана Морозова, ²Ибрагим Габибов, ³Лада Мехтиева

¹ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с.н.с., oxana_morozova@list.ru

²АГУНИП, д.т.н., профессор, h.ibo@mail.ru

³Начальник отдела маркетинга, Санкт-Петербургский Университет Государственной Противопожарной Службы МЧС России, Магистр, l.mehdiyeva@azdemtteti.az

Аннотация

В рамках статьи рассмотрены существующие Международные нормативные правовые акты (директивы, конвенции, договора, соглашения) в области промышленной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на опасных объектах. Представлены ссылки на полные тексты документов. Представлена информация о работе Межгосударственного совета по промышленной безопасности государств-участников Содружества Независимых Государств.

Ключевые слова: Каспийское море, международное сотрудничество, чрезвычайные ситуации, директивы Севезо, конвенции, межгосударственные договоры, межгосударственные советы

Введение

Целью данной статьи является детальное рассмотрение действующих межгосударственных договоров по защите населения и территорий от техногенных катастроф, в том числе на акваториях, информирование о межправительственных соглашениях, подписанных между Республикой Азербайджан и Российской Федерацией, и о межведомственных соглашениях между МЧС Азербайджанской Республики и МЧС России. Представлена информация о работе Межгосударственного совета по промышленной безопасности государств-участников Содружества Независимых Государств, а также Межгосударственного совета по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера и Межгосударственного экологического совета.

Актуальность данной статьи заключается в оценке текущего состояния нормативной правовой базы между Азербайджанской Республикой и Российской Федерацией в области предупреждения и ликвидации последствий природных и техногенных катастроф.

1. Директивы Севезо

Основополагающим международным документом, регламентирующим отношения в области предупреждения промышленных аварий и катастроф является Директива Севезо III.

Предпосылками разработки первой Директивы Севезо стала авария на химическом заводе в итальянском городе Севезо в 1976 г., когда в результате сбоя в процессе производства на химическом предприятии при взрыве рабочего котла произошёл выброс ядовитого облака, содержащего около шести тонн токсичных газов. В газовом облаке над Севезо содержался примерно один килограмм ТХДД, технически известный как 2,3,7,8-тетрахлородибензодиоксин.

Произошло тотальное загрязнение 1500 гектаров густо населенной местности. Выброс в атмосферу диоксида имел серьезные последствия для здоровья людей, животных и окружающей природной среды. Более 37 000 человек по всем районам Севезо подверглись беспрецедентным уровням загрязнения. В окрестностях погибло около 50 тыс. животных. После аварии в течение 16 месяцев город Севезо был необитаем.

Первая Директива Европейского сообщества по предотвращению крупных промышленных аварий, ставшая правовым решением создавшихся проблем в области промышленной безопасности, получила название «Директива Севезо». Согласно Директиве Севезо I, изданной в 1982 г. Европейским советом под номером 82/501/ЕЭС, владельцам опасных объектов предписывалась:

- разработка концепции обеспечения промышленной безопасности, декларации безопасности (Safety Report - Отчета о безопасности);
- планов на случай аварии;
- информирование населения о возможных авариях, а государственных надзорных органов
- о происшедших авариях;
- установление промышленной деятельности, которая потенциально может вызывать аварию.

Директивой Севезо I предусматривалось формирование основ законодательства промышленно развитых европейских стран в области предупреждения и защиты от аварий, создание механизма сотрудничества органов власти между государствами-членами Европейского экономического союза в целях накопления, учета и изучения сведений об авариях, что и было сделано государствами-участниками ЕЭС.

В 1996 г. Советом ЕЭС была принята Директива Севезо II – директива о предотвращении крупных аварий, установившая и конкретизировавшая ряд положений с учетом накопленной практики внедрения Директивы Севезо I. Директива SEVESO II, направленная на предотвращение аварий, помогла создать основу для более эффективного регулирования ситуаций, связанных с риском.

В Директиве Севезо II говорится: «...анализ заявленных в обществе крупных аварий указывает на то, что в большинстве случаев причинами являлись организационные недостатки». Контроль за выполнением предписаний Директивы Севезо II осуществляет Европейская комиссия. На предприятиях для обеспечения готовности к аварии или аварийной ситуации согласно Директиве должны быть разработаны соответствующие планы:

внутренние, действующие в пределах предприятия,
внешние – для действий за пределами предприятия.

Директива Севезо II, имеющая широчайший охват и всеобъемлющий характер и направленная на предотвращение аварий, помогла создать основу для более эффективного регулирования ситуаций, связанных с риском. Необходимо, чтобы промышленность, регулирующие и планирующие органы выполняли требования этой Директивы. Согласно Директиве, при возникновении крупной аварии эксплуатирующая организация обязана безотлагательно уведомить об аварии компетентные органы власти и передать им необходимые сведения для оценки последствий и принятия соответствующих мер.

Принятие странами ЕС основных положений Севезо II, по мнению Еврокомиссии, позволило снизить аварийность в развитых странах ЕС в 4–8 раз: с 400 аварий, в том числе

75 крупных, в 1983 г. до 70, в том числе 21 крупная, в 1989 г., которые произошли примерно на 10 тысячах промышленных предприятиях Евросоюза.

Согласно директиве, крупной аварией считается значительный выброс вредных веществ, пожар или взрыв, явившиеся результатом не поддающегося контролю развития событий в ходе промышленной деятельности, ведущие к серьезной непосредственной или отложенной опасности для человека (как внутри, так и вне территории предприятия), а также для окружающей среды.

Директива Севезо III была принята Европейской комиссией 24 июля 2012 г. В текст добавлены требования по оценке опасностей крупных аварий для конкретного опасного вещества, понятия «предприятие низкой опасности» и «предприятие высокой опасности», которые сравнимы с классификацией опасных производственных объектов. [1] Расширен перечень предприятий, объектов и видов деятельности, на которые не распространяется Директива Севезо III (военные предприятия; объекты добывающих отраслей промышленности; транспортирование опасных веществ, в том числе по магистральным трубопроводам; морская разведка и разработка полезных ископаемых, включая углеводороды; хранение газа на подводных морских площадках и площадках, на которых проводят разведку и разработку полезных ископаемых; свалка отходов, включая подземное хранение отходов).

В Директиве Севезо III не разъяснен принцип исключения тех или иных объектов из сферы ее действия. Можно предположить, что аварии на объектах добывающих отраслей промышленности с чрезвычайно низкой вероятностью могут привести к трансграничным последствиям.

Опасности, связанные с транспортированием опасных веществ, в том числе по магистральным трубопроводам, регулируются в рамках экологического законодательства, в частности Директивой Совета ЕС 85/337/ЕЕС от 27 июня 1985 г. (с изменениями от 3 марта 1997 г. № 97/11/ЕС) «Об оценке воздействия на окружающую среду».

2. Конвенции

К нормативным правовым актам, регламентирующим взаимодействие на межгосударственном уровне, относятся межгосударственные договоры, такие как Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991 г.), Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992 г.), Международная конвенция по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству (1990 г.) и Международная конвенция относительно вмешательства в открытом море в случаях аварий, приводящих к загрязнению нефтью (1969 г.), ратифицированные как РФ, так и Азербайджаном.[2,3,4,5] Российской Федерацией также подписана Конвенция о предотвращении крупных промышленных аварий Международной организации труда (Конвенция 174, 1993 г.) [6,15].

В Конвенции о предотвращении крупных промышленных аварий (Конвенция № 174) также используется термин «крупная авария»: он означает внезапное происшествие – такое как крупный выброс, пожар или взрыв – в ходе эксплуатации объекта повышенной опасности, вызываемое одним или несколькими опасными веществами и приводящее к серьезной как немедленной, так и отложенной опасности для работников, населения или окружающей среды. «Объект повышенной опасности» означает объект, на котором производится, перерабатывается, загружается или разгружается, используется, размещается или



складируется постоянно или временно одно или несколько опасных веществ или категорий веществ в количествах, превышающих предельно допустимые количества

Так вот, возвращаясь к предельно допустимым количествам, термин «предельно допустимое количество» означает такое предписываемое национальным законодательством с учетом особых условий количество опасного вещества или категории веществ, которое при его повышении переводит данный объект в разряд объектов повышенной опасности.

Например, в Российской Федерации предельные количества опасных веществ установлены Федеральным законом № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», на основании которых объекты категоризируются по 4 классам опасности.

В Конвенции о предотвращении крупных промышленных аварий определены также:

- мероприятия, которые необходимо проводить на уровне объекта, для предотвращения аварий,

- а также права и обязанности персонала, работающего на объекте.

Мероприятия включают в себя: 1) идентификацию и анализ опасностей и оценку риска; 2) технические и организационные мероприятия; 3) разработку планов действий в случае аварии и ряд других более мелких мер.

В Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий содержится определение терминов «промышленная авария», «воздействие» и «трансграничное воздействие».

Промышленная авария - событие, возникающее в результате неконтролируемых изменений в ходе любой деятельности, связанной с опасными веществами, либо на промышленном объекте; либо при транспортировке.

Воздействие - любые прямые или косвенные, немедленные или возникшие через какое-то время, вредные последствия промышленной аварии, в частности:

- для людей, флоры и фауны;

- для почвы, воды, воздуха и ландшафта;

- для материальных ценностей и культурного наследия, включая исторические памятники

Трансграничное воздействие - серьезное воздействие в пределах действия юрисдикции той или иной Стороны в результате промышленной аварии, происшедшей в пределах действия юрисдикции другой Стороны.

Под стороной имеются ввиду страны, подписавшие Конвенцию.

Областью применения Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий является:

- предотвращения промышленных аварий,

- обеспечения готовности к ним и ликвидации последствий аварий, которые могут привести к трансграничному воздействию, включая воздействие аварий, вызванных стихийными бедствиями,

- международного сотрудничества, касающегося взаимной помощи, исследований и разработок, обмена информацией и технологией в области предотвращения промышленных аварий, обеспечения готовности к ним и ликвидации их последствий

Конвенция не применяется в отношении:

- а) ядерных аварий или чрезвычайных ситуаций, связанных с радиоактивным заражением;

- б) аварий, вызванных деятельностью на военных объектах;



- в) разрушения плотин, за исключением воздействия промышленных аварий, вызванных такими разрушениями;
- г) аварий на наземном транспорте, за исключением:
- д) срочной ликвидации последствий таких аварий;
- е) транспортных операций на промышленной площадке, на которой осуществляется опасная деятельность;
- ж) случайных выбросов генетически модифицированных организмов;
- з) аварий в результате деятельности в морской среде, включая разведку или разработку морского дна;
- и) разливов в море нефти или других вредных веществ.

В Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий описан единый подход к созданию Системы уведомления о промышленных авариях:

Шаг 1: Создание системы уведомления об аварии

Шаг 2: Уведомление о возникновении аварии, включающее в себя информацию про:

- вид и масштаб,
- опасные вещества,
- дата и время аварии.

Шаг 3: Реализация планов действий в чрезвычайной ситуации.

Страны обеспечивают создание и эксплуатацию эффективных систем уведомления об авариях на соответствующих уровнях в целях получения и передачи уведомлений о промышленных авариях, содержащих информацию, необходимую для противодействия трансграничному воздействию.

При оказании взаимной помощи ответственность за общее руководство, контроль, координацию и надзор в отношении предоставления помощи лежит на стране, обратившейся с просьбой о помощи. Страна, обратившаяся с просьбой, облегчает въезд на свою национальную территорию, пребывание и выезд персонала, а также оборудования и собственности, используемых при оказании помощи. Любая страна может просить об оказании помощи в отношении лечения или временного перемещения на территорию другой страны лиц, затронутых аварией.

3. Межправительственные и межведомственные соглашения

Между Республикой Азербайджан и Российской Федерацией подписаны межправительственные соглашения (соглашения между правительствами государств – участников СНГ):

- Конвенция о межрегиональном сотрудничестве государств - участников Содружества Независимых Государств (от 16 сентября 2016 года). [7]
- Соглашение между Правительством Азербайджанской Республики и Правительством Российской Федерации о сотрудничестве в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (от 9 января 2001 года, вступление в силу с 26 февраля 2001 года). [8]
- Соглашение между Правительством Азербайджанской Республики и Правительством Российской Федерации о сотрудничестве в области авиационного поиска и спасания (от 13 августа 2013 года, вступление в силу с 11 сентября 2015 года). [9]
- Соглашение о сотрудничестве в сфере предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Каспийском море между Правительствами Азербайджанской



Республики, Исламской Республики Иран, Республики Казахстан, Российской Федерации и Туркменистана (29 сентября 2014 года в г. Астрахань, ратифицировано Федеральным законом от 28.12.2016 г. № 484-ФЗ). [10]

- Соглашение о сотрудничестве государств - участников Содружества Независимых Государств в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (от 16 октября 2015 года).[11]
- Кроме того, между МЧС Азербайджанской Республики и МЧС России подписаны межведомственные соглашения:
- Комплексный план по сотрудничеству между Министерством чрезвычайных ситуаций Азербайджанской Республики и Министерством по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Российской Федерации от 26 ноября 2008 года;
- Протокол о взаимопонимании между Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и Министерством по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики от 17 декабря 2010 года.

Анализ действующей нормативной базы показывает ее достаточность для решения текущих и потенциальных задач между Азербайджанской Республикой и Российской Федерацией в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе в Каспийском море.

4. Межгосударственные советы

Когда мы говорим о международном сотрудничестве в области промышленной безопасности в рамках СНГ, то, прежде всего, стоит сказать о Межгосударственном совете по промышленной безопасности (МСПБ), Межгосударственном совете по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера (МГС по ЧС) и Межгосударственном экологическом совете.

В состав МСПБ входят полномочные представители 9 государств-участников СНГ — Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, России, Таджикистана, Украины, а также представитель исполнительного комитета Содружества Независимых Государств.

Совет создан для решения проблем в области промышленной безопасности и обеспечения гарантий безопасности жизни и здоровья работников, занятых на опасных производственных объектах, а также защиты населения и окружающей природной среды от техногенных аварий, на основе использования на взаимовыгодных условиях накопленного опыта и научно-технических достижений. Официальный сайт Межгосударственного совета по промышленной безопасности государств-участников Содружества Независимых Государств — www.mspsng.org [16].

Какая работа совершается в рамках Совета? Ежегодно осуществляется обмен статистическими данными об аварийности и производственном травматизме на опасных производственных объектах, обмен информацией об изменениях в национальных законодательствах в области регулирования промышленной безопасности, а также представляется информация о контрольно-надзорной деятельности и об особенностях её осуществления в странах-членах Совета.



XX заседание проходило под председательством Азербайджанской Республики в лице Вюсала Агаева, директора Государственного Агентства по безопасному ведению работ в промышленности и горному надзору МЧС Азербайджана, а также с участием Натика Сеидахмедова, начальника инспекции по контролю по безопасным выполнением работ на предприятиях по производству зерновой продукции.

На открытии мероприятия Н. Сеидахмедов поприветствовал участников и отметил, что сотрудничество в области обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах осуществлялось в соответствии с принятым Планом работы Совета на 2021 - 2022 годы, а также решениями предыдущего XIX заседания Совета, и предложил в целом положительно оценить работу МСПБ [17].

В заседании приняли участие члены Совета и полномочные представители Азербайджанской Республики, Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Российской Федерации, Республики Таджикистан, Республики Узбекистан, а также представители Исполнительного комитета СНГ и Европейской экономической комиссии ООН.

Совет в своей деятельности руководствуется Соглашением о сотрудничестве в области обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах, заключенным в Москве 28 сентября 2001 года, между Правительствами государств-участников СНГ.[18]

XXI заседание Межгосударственного совета по промышленной безопасности состоялось 4-5 октября 2023 года в г. Ташкенте, Республика Узбекистан (рис. 1) а XXII заседание МСПБ запланировано в 2024 году в Республике Таджикистан [18].



Рис. 1. Участники XXI заседания Межгосударственного совета по промышленной безопасности, 4-5 октября 2023 года.

Сопоставительный анализ систем государственного регулирования промышленной безопасности на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта в законодательствах стран - участниц Межгосударственного совета по промышленной безопасности, показывает, что, несмотря на наличие большого числа общих подходов к регулированию вопросов промышленной безопасности, существуют значительные расхождения по ряду следующих принципиальных вопросов.

1. Различны подходы к количеству, объему и степени детализации законов, правил, норм, рекомендаций, стандартов.
2. Число руководящих лиц и контролирующих (инспектирующих) органов в разных странах различно. Отличаются также и функции надзорных органов. Не во всех странах они имеют право осуществлять нормативное регулирование и разрешительную деятельность.
3. В национальных законодательствах различаются подходы к проведению анализа опасности. В некоторых странах анализ опасности проводится в составе декларации безопасности, в ряде стран требование представления декларации отсутствует.
4. Различны требования по осуществлению разрешительной деятельности, что связано с различием в административном устройстве общества в разных странах.
5. Существенно различается отраслевая структура законодательства. Промышленная безопасность включается либо в законы по охране труда, либо в законы по охране окружающей среды, либо выделяется в отдельные законы. Однако практически во всех странах законы по промышленной безопасности распространяются только на опасные производственные объекты. При этом критерии отнесения объектов к категории опасных различны. Вопрос идентификации опасных объектов является одним из наиболее важных вопросов в законодательстве о промышленной безопасности.

Учитывая важность объединения усилий государств – участников Содружества Независимых Государств в прогнозировании и предупреждении техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, оказания взаимной экстренной помощи в ликвидации их последствий, 22 января 1993 года Совет глав правительств СНГ принял Соглашение о взаимодействии в области предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. [13]

В соответствии с данным Соглашением для эффективной реализации его положений создан Межгосударственный совет по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера. В состав Совета в качестве полномочных представителей входят первые заместители руководителей министерств и ведомств по чрезвычайным ситуациям государств – участников СНГ.

В рамках Совета созданы две рабочие структуры:

- 1) Корпус сил Содружества Независимых Государств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- 2) Научно-координационный совет базовой организации государств – участников СНГ в области науки и высоких технологий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Подразделения Корпуса сил СНГ применяются:

- в чрезвычайных ситуациях, последствия которых невозможно ликвидировать силами и средствами одного государства – участника СНГ,

- в чрезвычайных ситуациях, имеющих трансграничное воздействие и требующих осуществления согласованных действий по ликвидации последствий.

Аварийно-спасательные формирования, входящие в состав Корпуса сил, дислоцируются в своих государствах. В целях повышения готовности формирований Корпуса сил для действий в условиях чрезвычайных ситуаций регулярно проводятся штабные тренировки, учения и учебно-методические сборы с участием представителей государств Содружества.

Базовой организацией государств-участников содружества независимых государств в области науки и высоких технологий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций является Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) (официальный сайт - <https://www.vniigochs.ru/>).

Цели базовой организации:

1. Интеграция научных учреждений и программ государств-участников СНГ в области обеспечения защиты населения, технических объектов и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, координации такого сотрудничества и повышения его эффективности.
2. Развитие сотрудничества научных учреждений государств-участников СНГ в сфере разработки наукоемкой продукции и использования высоких технологий в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.
3. Обеспечение условий повышения конкурентоспособности наукоемкой продукции и высоких технологий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, разрабатываемых в государствах-участниках.

25 ноября 2022 г. в г. Баку состоялось XXIV заседание Межгосударственного совета по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера. Председательствовал первый заместитель Министра по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики Рафаил Мирзоев.

Отдельно хотелось бы отметить, что 18 октября 2023 г., в рамках 56-й сессии Исполнительного совета Международной организации гражданской обороны (МОГО) в г. Бишкек Киргизской Республики, состоялась двусторонняя встреча руководителя Министерства по Чрезвычайным Ситуациям Азербайджанской Республики Кямаладдина Гейдарова и главы МЧС России Александра Куренкова [19].

Заключение

В статье не затрагивался огромный пласт информации о проведении совместных мероприятий и учений, однако хотелось бы отметить, что за последние 30 лет сложилась геополитическая общность с участием пяти каспийских государств – России, Азербайджана, Ирана, Казахстана и Туркменистана. За этот период создан ряд важных пятисторонних механизмов, согласованы базовые принципы и правила деятельности сторон, отраженные в Конвенции о правовом статусе Каспийского моря и решениях шести Каспийских саммитов, проходящих с 2002 г. (2002, 2007, 2010 (г. Баку, Азербайджан), 2014, 2018, 2022 гг.).[14] В планах межгосударственного взаимодействия - наращивание совместных возможностей по оперативному реагированию на природные и техногенные



события и явления, которые могут негативно влиять на жизнь и благополучие людей в прикаспийском регионе [20].

«Дружественные и добрососедские отношения, двустороннее и многостороннее сотрудничество между прикаспийскими странами, в том числе в рамках ООН, ОБСЕ, Организации исламского сотрудничества, Организации тюркских государств, СНГ и Организации экономического сотрудничества являются важным фактором стабильности и безопасности на Каспийском море.» сказал Президент Азербайджанской Республики Ильхам Алиев на VI саммите глав прикаспийских государств в г. Ашхабад. Туркменистан, 29 июня 2022 г. [21].

Реализация межрегионального сотрудничества в части развития нормативной правовой базы в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является неотъемлемой частью устойчивого развития прикаспийского региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:EN:P DF>
2. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/env_assessment.shtml
3. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/industrial_accidents.pdf
4. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/oil_pollution_preparedness.shtml
5. <https://docs.cntd.ru/document/901758442>
6. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/normativeinstrument/wcms_c174_ru.htm
7. <https://docs.cntd.ru/document/564643776>
8. https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/46626/
9. https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/44338/
10. <http://publication.pravo.gov.ru/File/GetFile/0001201805170006?type=pdf>
11. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201801260017?ysclid=lofm34cru1642174453>
12. <https://docs.cntd.ru/document/901824862?ysclid=lofm0kr0o6669930819>
13. https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/multilateral_contract/60514/
14. <http://www.kremlin.ru/supplement/5328>
15. Morozova O.A., Kuznetsova T.D. «Sotrudnichestvo Rossiyskoy Federatsii i Azerbaydzhanskoy Respubliki v oblasti zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera», Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti. 2023. T. 20. № S. S. 16-22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53927087>.
16. Mezghosudarstvennyy sovet SNG po promyshlennoy bezopasnosti (MSPB). URL: <https://www.gosnadzor.ru/activity/international/organizations/mspb/>.
17. Rostekhnadzor prinyal uchastiye v XX zasedanii Mezghosudarstvennogo soveta po promyshlennoy bezopasnosti. URL: <https://www.gosnadzor.ru/news/64/4695/>.

18. XXI zasedaniye Mezghosudarstvennogo soveta po promyshlennoy bezopasnosti prokhodit v g. Tashkente. URL: <https://gospromnadzor.mchs.gov.by/novosti/433048/>.
19. Aleksandr Kurenkov obsudil voprosy dvustoronnego sotrudnichestva s kollegami iz Kirgizskoy i Azerbaydzhanskoy Respublik. URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/vse-novosti/5127281>.
20. Shestoy Kaspiyskiy sammit. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/68779>.
21. Rech' Il'khama Aliyeva na VI sammite glav prikaspiyskikh gosudarstv v Ashkhabade. URL: <https://president.az/ru/articles/view/57287>

INTERNATIONAL LEGISLATION IN THE FIELD OF EMERGENCY PREVENTION AND RESPONSE AT HAZARDOUS FACILITIES

¹Oxana Morozova, ²Ibrahim Habibov, ³Lada Mekhtiyeva

¹All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, senior researcher, oxana_morozova@list.ru

²Azerbaijan State Oil and Industrial University, Doctor of Technical Sciences, Professor, h.ibo@mail.ru

³Head of the Marketing division, Ministry of Emergency Situations of Azerbaijan Republic State Agency for Safe Working in Industry and Mountain-Mine Control Azerbaijan State Scientific-Research Institute of Labor Protection and Safety Engineering, RF Ministry of Emergency situations Sankt-Petersburg University of the State Fire Service.

Master degree, Magistr, l.mehdiyeva@azdemtteti.az

ABSTRACT

Information is provided on existing interstate treaties, intergovernmental and interdepartmental agreements in the field of industrial safety, emergency prevention and response at hazardous facilities. Links to the full texts of the documents are provided. Information is provided on the work of the Interstate Council on Industrial Safety of the participating States of the Commonwealth of Independent States.

Keywords: Caspian sea, international cooperation, emergencies, Seveso directives, conventions, intergovernmental agreement, interstate Council.

SƏNAYE TƏHLÜKƏSİZLİYİ, FÖVQƏLADƏ HALLARIN QARŞISININ ALINMASI VƏ NƏTİCƏLƏRİNİN ARADAN QALDIRILMASI SAHƏSİNDƏ BEYNƏLXALQ QANUNVERİCİLİK

¹Oksana Morozova, ²Ibrahim Həbibov, ³Lada Mehtiyeva

¹Ümumrusiya Mülki Müdafiə və Fövqəladə Hallar üzrə Elmi-Tədqiqat İnstitutu, baş elmi işçi, oxana_morozova@list.ru

²Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, texnika elmləri doktoru, professor, h.ibo@mail.ru

³Azərbaycan Respublikası Fövqəladə Hallar Nazirliyi Sənayedə İşlərin Təhlükəsiz Görülməsi və Dağ-Mədən Nəzarəti Dövlət Agentliyi Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Texniki Təhlükəsizlik Elmi-Tədqiqat

İnstitutunun Marketing şöbəsinin rəisi, RF Fövqəladə Hallar Nazirliyi Dövlət Yanğından Mühafizə Xidmətinin Sankt-Peterburq Universitetinin magistrantı, l.mehdiyeva@azdemtteti.az

XÜLASƏ

Sənaye təhlükəsizliyi, təhlükəli obyektlərdə fəvqəladə halların qarşısının alınması və nəticələrinin aradan qaldırılması sahəsində mövcud dövlətlərarası müqavilələr, hökumətlərarası və idarələrarası sazişlər haqqında məlumat verilir. Sənədlərin tam mətnlərinə keçidlər verilir. Müstəqil Dövlətlər Birliyinin iştirakçısı olan dövlətlərin Sənaye Təhlükəsizliyi üzrə Dövlətlərarası Şurasının işi haqqında məlumat verilir.

Açar sözlər: Xəzər dənizi, beynəlxalq əməkdaşlıq, fəvqəladə hallar, Seveso direktivləri, konvensiyalar, hökumətlərarası saziş, dövlətlərarası Şura.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-14



ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ДЕТАЛЕЙ И СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ибрагим Габибов¹, Панах Сулейманов², Фарид Мамедов³

¹д.т.н., профессор, h.ibo@mail.ru,

²Доктор философии по технике, заместитель директора, p.suleymanov@azdemtteti.az

³Докторант, faridrutul@mail.ru

¹ Кафедра «Промышленные машины», Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,

²Азербайджанский государственный научно-исследовательский институт по охране труда и техники безопасности.

³Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, инженер конструкторского центра «ИНЖЕНЕР».

РЕЗЮМЕ

В течение длительного времени в результате промысловых наблюдений и обследований определялись причины как постепенных, так и внезапных отказов нефтепромыслового оборудования. По результатам обследования изношенных деталей во время эксплуатации с учетом режимов работы оборудования устанавливались возможные причины отказов оборудования, с изучением качественного состояния и свойств отказавших деталей. Были собраны статистические данные отказов нефтепромыслового оборудования.

Полученные данные охватывают в основном: буровые и нефтепромысловые насосы высокого давления; буровые лебедки; роторы и вертлюги буровых установок; элементы фонтанной арматуры; устьевой шток скважинной насосной установки; насосные штанги и насосно-компрессорные трубы; передвижные подъемные установки для текущего и капитального ремонта скважин.

В статье рассмотрены основные причины отказов деталей и составных частей нефтепромыслового и бурового оборудования

Ключевые слова. буровые и нефтепромысловые насосы, лебедки, ротор, вертлюг, фонтанная арматуры; устьевой шток скважинной насосной установки; насосные штанги и насосно-компрессорные трубы; передвижные подъемные установки для текущего и капитального ремонта скважин.

Актуальность темы

Буровые и нефтепромысловые насосы высокого давления, используемые в бурении скважин и добыче нефти, имеют сходный принцип действия и работают в тяжелых условиях эксплуатации. Отличительными их особенностями являются высокие давления нагнетания, перекачка различных вязких жидкостей: глинистых, цементных, кислотных и других растворов, содержащих, как правило, абразивные частицы.

Вопросам повышения долговечности деталей гидравлической части насосов высокого давления, в особенности буровых насосов, посвящено значительное число работ. Большинство из них связаны с исследованием эффективности высокопрочных материалов, методов поверхностного упрочнения и т.п. Ряд работ посвящены изменению конструкций, в основном клапанов насосов. Многими исследователями изучался механизм изнашивания деталей гидравлической части буровых и нефтепромысловых насосов. Несмотря на это



требуются дополнительные исследования в части воспроизведения в лабораторных условиях основных видов изнашивания деталей. Кроме того, требуется глубокое изучение причин как постепенных, так и внезапных отказов деталей не только в эксплуатации, но и в условиях стендовых испытаний.

Результатами анализа основных причин отказов этих оборудования установлено, что детали гидравлической части буровых насосов (см. рис. 1) имеют низкие наработки до отказа.

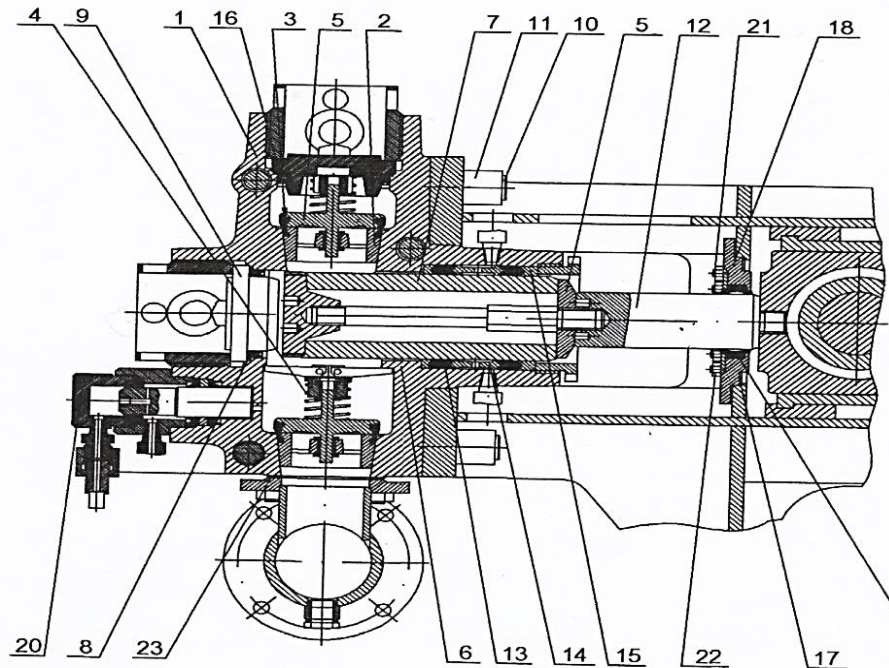


Рис.1. Гидравлическая часть нефтепромыслового насоса высокого давления, типа Н5-160.

1–нагнетательный клапан; 2–седло клапана; 3–уплотнение клапана; 4–пружина клапана; 5–тарель клапана; 6–всасывающий клапан; 7–плунжер; 8–уплотнение крышки цилиндра; 9–крышка плунжера; 10, 11–пробка нагнетательного коллектора; 12–шток; 13 – уплотнение плунжера; 14–грундбукса; 15–гидравлическая коробка; 16–крышка клапана; 17–прокладка; 18–корпус уплотнения штока; 19–уплотнение штока; 20–система подачи смазки; 21, 22–шпильки, гайки; 23–всасывающий коллектор; 24–тяги; 25–специальная гайка; 26–гайка клапанной крышки; 27–заглушка; 28–шайба.

В табл.1 приведены средние наработки до отказа деталей гидравлической части буровых насосов У8-6М [1]. Как видно, особенно низки средние наработки до отказа клапанов и поршней $\bar{T}_1$ при значительном их рассеянии, на что указывают полученные относительно высокие значения среднестатистических отклонений σ . Для сравнения в табл.1 приведены также статистические данные по объединению «Азнефть» [2] по ранее выпускавшимся буровым насосам У8-4. Как видно, отмечается некоторое повышение сроков службы деталей с переходом на производство насосов типа У8-6М, что очевидно связано с улучшением конструкции деталей. В то же время сроки службы, особенно клапанов,

остаются чрезвычайно низкими при высоком значении коэффициента вариации $V = \sigma / \bar{T}_1 = 0,78$ (насос У8-6М).

Таблица 1. Результаты статистической обработки информации по деталям гидравлической части насосов У8-6М и У8-4.

Детали	По буровому насосу У8-6М [56]			По насосу У8-4 [9] $\bar{T}_2$, ч	$\bar{T}_1 / \bar{T}_2$
	Закон распределения	$\bar{T}_1$, ч	σ , ч		
Поршни	Экспоненциальный	97,6	80,8	88,0	1,2
Цилиндровые втулки	Вейбулла	204,1	106,1	184,0	1,1
Штоки	Логарифмически-нормальный	106,3	51,0	100,0	1,06
Клапаны	Экспоненциальный	72,5	55,8	57,4	1,3

Несколько выше наработки до отказа деталей гидравлической части трехплунжерных нефтепромысловых насосов (рис.1). Так, по результатам испытаний серийных клапанов нефтепромыслового насоса Н5-160 при промывке песчаных пробок (при давлении нагнетания 20...25 МПа) средняя наработка до отказа составила: нагнетательных клапанов – 130,5 ч; всасывающих клапанов – 172 ч [3].

Отказы деталей гидравлической части насосов высокого давления являются следствием изнашивания абразивной прослойкой, ударно-абразивного, гидроабразивного и гидроэрозионно-абразивного изнашивания их рабочих поверхностей. По мере увеличения времени работы насоса, износ деталей как в зоне контакта сопряжений типа металл-металл, так и в зоне контакта типа металл-резина, возрастает. При разрушении уплотнительных манжет, образовании вследствие этого неплотностей и прорыве промывочного раствора происходит переход к гидроэрозионно-абразивному изнашиванию. Данный подвид абразивного изнашивания отличается высокой интенсивностью развития и приводит вследствие этого к внезапному отказу деталей.

Отмеченное выше подтверждается приведенными на рис.2 диаграммами частот отказов, выявленных в результате обследования вышедших из строя деталей гидравлической части буровых насосов У8-6М и нефтепромысловых насосов Н5-160 [1].

Установлено, что в большинстве случаев отказам клапанов, поршней, штоков и плунжеров предшествует разрушение уплотнительных манжет. Это и является основной причиной развития гидроэрозионно-абразивного изнашивания и отказа деталей.

Одна из основных систем гидравлической части бурового насоса двойного действия, элементами которой являются: поршень – цилиндрическая втулка – шток поршня – шток крейцкопфа – крейцкопф – направляющие крейцкопфа. Недостатком данной системы, принятой на насосах типа У8-6 и в мировой практике, является жесткая стыковка перечисленных элементов системы, т.е. без компенсации заложенных в ее размерную цепь поперечных и угловых смещений. Имеются и другие недостатки системы, в основном относящиеся к парам: поршень-цилиндрическая втулка и шток-уплотнение.

Согласно технической характеристике бурового насоса У8-6МА2 производства ЗАО «Уралмаш-Буровое оборудование» цилиндрическая втулка изготавливается из стали 70 с

закалкой ТВЧ на твердость HRC 60...64 при глубине упрочнения $h=3...6$ мм. Сердечник поршня – сталь 50; резиновые манжеты – ИРП-1293.

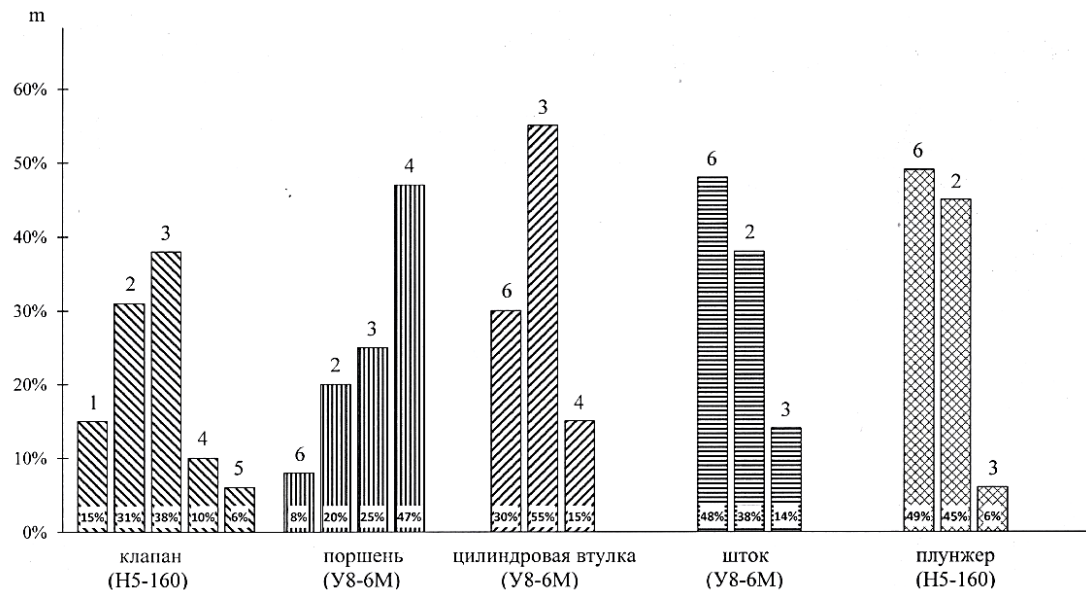


Рис. 2. Характерные причины отказов деталей гидравлической части поршневых и плунжерных насосов высокого давления, в процентах от общего числа обследованных деталей

1–гидроабразивное изнашивание; 2–разрушение уплотнительных манжет;
3–гидроабразивное и начальное гидроэрозионно-абразивное изнашивание;
4–значительное гидроэрозионно-абразивное изнашивание; 5–ударно-абразивное изнашивание; 6–изнашивание абразивной прослойкой и гидроабразивное изнашивание.

Основные причины отказов пары поршень-цилиндрическая втулка достаточно изучены [4, 5]. Это: изнашивание абразивной прослойкой, разрушение манжет поршня у разделительного пояса сердечника вследствие периодических напряжений и контактных давлений, возникающих на поверхности манжет (рис.3 а, б). При дальнейшей работе это приводит к разрушению большей части поверхности манжет (рис.3 в). Наблюдаются также сочетания разрушения манжет и гидроэрозионно-абразивное их изнашивание, а также гидроэрозионно-абразивное изнашивание и манжет, и пояса сердечника (рис. 3 г). Эти виды разрушения и изнашивания являются наиболее характерными и составили свыше 90% от общего числа отказов на обследованных поршнях (см.рис. 2).

До момента потери герметичности изнашивание пары поршень-цилиндрическая втулка происходит под воздействием абразивной прослойки. Образующиеся на поверхности манжет и пояса сердечника от воздействия абразивных частиц продольные риски в конечном итоге приводят к нарушению герметичности. С этого момента, вследствие большого перепада давления между полостями цилиндрической втулки, абразивная струя прорывается через образовавшиеся неплотности, вызывая разрушения на поверхностях поршня и цилиндрической втулки.

В большинстве случаев характер изнашивания рабочей поверхности поршней аналогичен характеру изнашивания рабочей поверхности цилиндрических втулок (рис. 3).

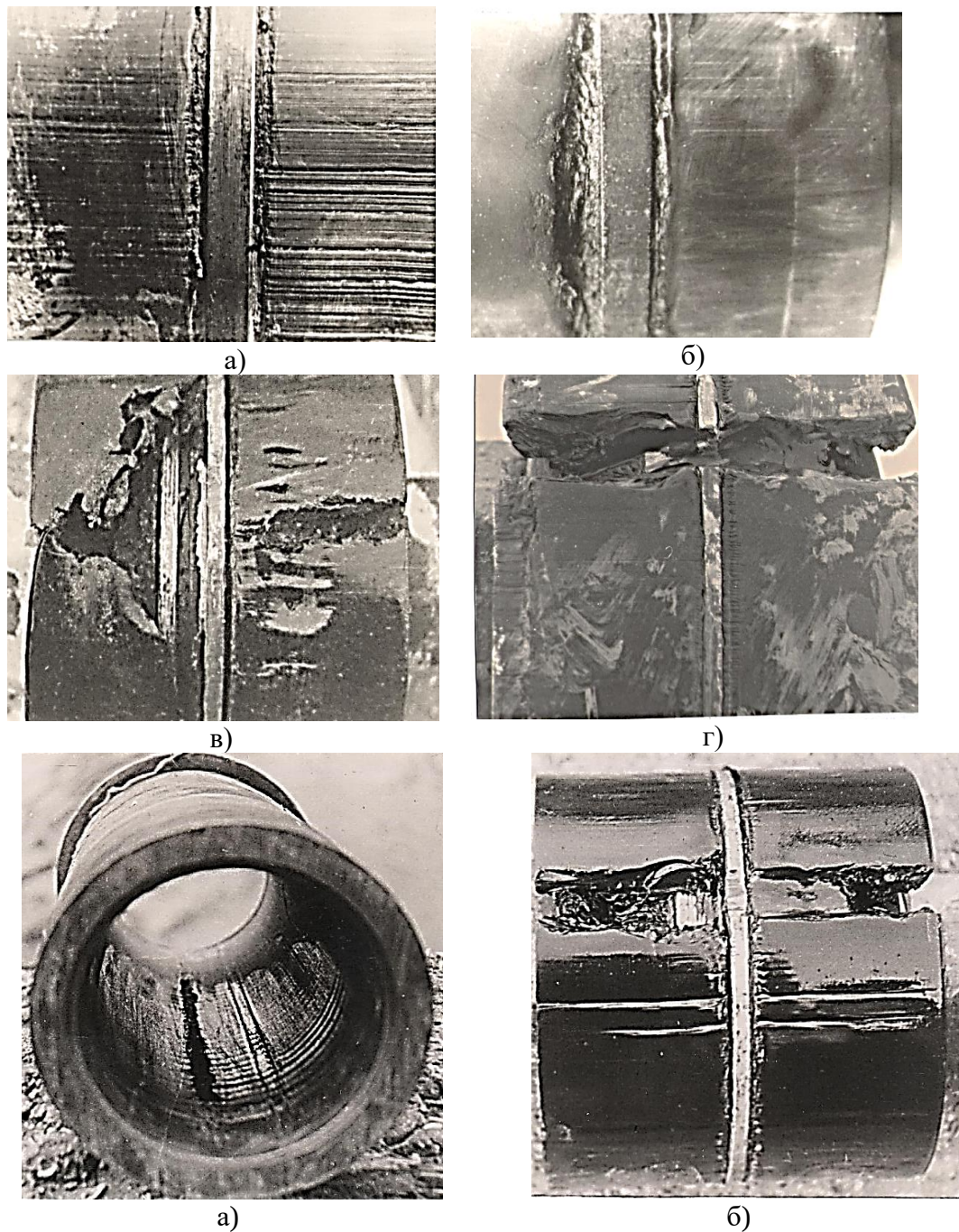


Рис. 3. Гидроэрозионно-абразивное изнашивание сопряженных поверхностей цилиндрической втулки (а) и поршня (б) бурового насоса.

Шток поршня бурового насоса У8-6МА2 изготавливается из стали 40Х с упрочнением плазменным напылением; уплотнение штока – многоманжетное с уплотнительными элементами из резины ИРП-1293.

Рабочая поверхность штока поршня до момента окончательной потери герметичности подвержена изнашиванию абразивной прослойкой с образованием продольных рисок и царапин различной глубины (рис. 4).

Формирование абразивной прослойки происходит под воздействием давления промывочной жидкости при каждом ходе нагнетания (с движением поршня в сторону узла уплотнения штока) путем постепенного заполнения абразивными частицами промежутков между манжетами уплотнения. В дальнейшем очевидно имеет место некоторое хаотичное обновление абразивных частиц в зоне уплотнения за циклы всасывание-нагнетание [4].



а)

б)

в)

Рис. 4. Риски и выкрашивания на значительной части рабочей поверхности (а), в зоне конца хода (б) и начальное гидроэрозионно-абразивное изнашивание штока поршня (в).

Наряду с продольными рисками и царапинами имели место также вмятины и выкрашивания на рабочей поверхности штоков (рис. 2.6 а).

Выкрашивания наблюдались также в крайних сечениях изнашиваемой части поверхности штоков (рис. 4 б). Объясняется это воздействием изменений направления движения поршня, так как при этом и абразивные частицы, а, следовательно, и их режущие грани, меняют свое положение, что и приводит к повышению их режущей способности. Срок службы штоков буровых насосов ограничивается образованием на рабочей поверхности глубоких продольных рисок и появлением очагов гидроэрозионно-абразивного изнашивания (рис. 4 в). Величина диаметрального износа штоков на момент их замены в основном находилась в пределах 1,0...2,0 мм, а в отдельных случаях доходила до 3,0...3,5 мм. Максимальная величина износа по длине хода отмечалась в средней части, что естественно объясняется неравномерной скоростью перемещения поршня. Разность величин изнашивания в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях доходила до 1,5 мм.

Эта пара деталей бурового насоса У8-6МА2 изготавливается из стали 20Х2Н4А с термической обработкой на твердость HRC 52...56. Тарель и седло клапана плунжерного нефтепромыслового насоса Н5-160 изготавливаются из стали 40Х с твердостью HRC 50...55 [1].

Плунжеры нефтепромыслового насоса Н5-160 изготавливаются из стали 45. Рабочая поверхность плунжера подвергается закалке ТВЧ на глубину 1,2...1,5 мм на твердость HRC 51...57, шлифуется и полируется с обеспечением шероховатости $R_a=0,2$ мкм. При

эксплуатации насоса в абразивосодержащих средах предусматривается применение плунжеров, рабочая поверхность которых после закалки ТВЧ подвергается хромированию. Уплотнение плунжера состоит из манжет, изготавливаемых из резины ИРП 1293.

Отличительная особенность работы уплотнения плунжера состоит в том, что давление жидкости направлено на манжеты противоположно силе трения. Это благоприятно влияет на работу манжет, так как во время нагнетания уменьшается опасность выдавливания задней части манжеты в зазор между плунжером и грундбуксой. Недостатком уплотнения плунжера является способность затягивать абразивные частицы под манжету при каждом ходе всасывания. В результате, твердые абразивные частицы, внедряясь в поверхность манжет, образуют абразивную прослойку [1].

Другой отличительной особенностью узла плунжера насоса Н5-160 является стыковка плунжера со штоком (см. рис.1) с возможностью компенсации лишь поперечных смещений. В то же время расчетами размерных цепей системы гидравлическая часть-крейцкопф данного насоса установлены также угловые смещения плунжера, которые могут привести к трению металлических поверхностей плунжера и грундбуксы. Это, наряду с воздействием абразивной прослойки, приводит к образованию на плунжере рисок и царапин, что в дальнейшем приводит к возникновению неплотностей. Из-за значительного перепада давления происходит прорыв через образовавшиеся неплотности абразивной струи, вызывающей развитие гидроэрозионно-абразивного изнашивания, характеризующегося высокой интенсивностью разрушения рабочей поверхности деталей.

Однако, из-за одностороннего действия плунжерных насосов зачастую удается предотвратить подобное разрушение рабочей поверхности плунжера путем контроля за состоянием пары плунжер-уплотнение и своевременной замены уплотнительных элементов. Отмеченное подтверждается результатами наблюдений за двумя нефтепромысловыми насосами Н5-160 в условиях промывки скважин; всего было отмечено 56 отказов пары с колебанием наработок до отказа узла в пределах 362...556 ч.

Выводы

-приводная часть как буровых, так и нефтепромысловых насосов предназначена для уменьшения скорости вращения вала привода и преобразования вращательного движения ведомого вала в поступательное движение ползуна (крейцкопфа).

-приводная часть буровых и нефтепромысловых насосов имеет высокий уровень безотказности и отвечает современным требованиям.

-приведены результаты обработки статистических данных об отказах буровых насосов типа У8-6М показал, что из общего числа 609 отказов по деталям гидравлической части насосов (подсистема I) было отмечено 453 отказов при средней наработке на отказ $\bar{T}_I = 51,46$ ч и коэффициенте вариации $V_I = 0,99$. По приводной части насосов (подсистема II) $\bar{T}_{II} = 687,5$ ч, $V_{II} = 0,27$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Balabanov A.N. Tekhnologichnost' konstruktsiy mashin. M.: Mashino-stroyeniye, 1987. – 336 s.

2. Akhmedov B.M., Ramazanov R.A., Kakhramanov KH.T. i dr. K voprosu povysheniya nadezhnosti fontannoy armatury. M.: Khimicheskoye i neftyanoye mashinostroyeniye, 1971, №8. – S. 33-34.
3. Yesin B.I. Teoreticheskiye osnovy remontoprigochnosti mashin. M.: «Znaniye», 1978. – 94 s.
4. Babayev S.G., Gabibov I.A., Feyziyev I.A. Osnovnyye iskhodnyye predposylki k dal'neyshey evolyutsii mobil'nykh pod'yemnykh neftepro-myslovykh ustanovok. Baku: «Oborudovaniye. Tekhnologii. Materialy», 2019, №1. – S. 5-12.
5. Babayev S.G., Gabibov I.A., Feyziyev I.A. Evolyutsiya mobil'nykh neftepromyslovykh pod'yemnykh ustanovok i puti povysheniya ikh konkurentosposobnosti. M.: OAO «VNIOENG» Oborudovaniye i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa, 2019, №4. – S. 34-39.

THE MAIN CAUSES OF FAILURES OF PARTS AND COMPONENTS OF OILFIELD EQUIPMENT

Ibragim Gabibov¹, Panah Suleymanov², Farid Mammadov³

¹Doctor of Technical Sciences, Professor, h.ibo@mail.ru,

²PhD in Engineering, Deputy Director, p.suleymanov@azdemtteti.az

³Doctoral student, faridrutul@mail.ru

^{1,3}Department of “Industrial Machines”, Azerbaijan State University of Oil and Industry,

²Azerbaijan State Research Institute on Occupational Health and Safety.

ABSTRACT

For a long time, as a result of field observations and surveys, the causes of both gradual and sudden failures of oilfield equipment have been determined. According to the results of the inspection of worn parts during operation, taking into account the operating modes of the equipment, possible causes of equipment failures were established, with the study of the quality condition and properties of the failed parts. Statistical data on failures of oilfield equipment were collected.

The data obtained mainly cover: high-pressure drilling and oilfield pumps; drilling winches; rotors and swivels of drilling rigs; elements of fountain fittings; wellhead rod of a borehole pumping unit; pumping rods and tubing; mobile lifting installations for routine and major well repairs.

The article discusses the main causes of failures of parts and components of oilfield and drilling equipment

Keywords. drilling and oilfield pumps, winches, rotor, swivel, fountain fittings; wellhead rod of a downhole pumping unit; pumping rods and tubing; mobile lifting units for routine and major well repairs.



NEFT MƏDƏNLƏRİNİN VƏ QAZMA AVADANLIQLARININ HİSSƏLƏRİNİN VƏ KOMPONENTLƏRİNİN NAZSAZLIQLARININ ƏSAS SƏBƏBLƏRİ

İbrahim Həbibov¹, Pənah Süleymanov², Fərid Məmmədov³

¹Texnika elmləri doktoru, professor, h.ibo@mail.ru,

²Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, direktor müavini, p.suleymanov@azdemtteti.az

³Doktorant, faridrutul@mail.ru

¹ Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Sənaye maşınları” kafedrası.

² Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Üzrə Elmi-Tədqiqat İnstitutu.

³ Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, “Mühəndis” KM mühəndisi

XÜLASƏ

Uzun müddət ərzində aparılan mədən müşahidələri və tədqiqatları nəticəsində neft-mədən avadanlıqlarının həm tədricən, həm də qəfil sıradan çıxmasının səbəbləri müəyyən edilmişdir. İstismar zamanı aşınmış hissələrin müayinəsinin nəticələrinə əsasən, avadanlıqların iş rejimləri nəzərə alınmaqla, nasaz hissələrin keyfiyyət vəziyyəti və xüsusiyyətləri tədqiq edilməklə, avadanlıqların nasazlığının mümkün səbəbləri müəyyən edilmişdir. Neft-mədən avadanlıqlarının nasazlığı ilə bağlı statistik məlumatlar toplanmışdır. Əldə edilən məlumatlar əsasən aşağıdakıları əhatə edir: yüksək təzyiqli qazma və neft-mədən nasosları; qazma işləri; qazma qurğularının rotorları və dönmələri; fəvvarə fitinqlərinin elementləri; quyu nasos qurğusunun quyuqapağı; əmzikli çubuqlar və borular; quyuların cari və əsaslı təmiri üçün səyyar qaldırıcı qurğular. Məqalədə neft mədənlərinin və qazma avadanlıqlarının hissələrinin və komponentlərinin nasazlığının əsas səbəbləri müzakirə olunur.

Açar sözlər: qazma və neft-mədən nasosları, bucurqadlar, rotor, dönər, yolka fitinqləri; quyu nasos qurğusunun quyuqapağı; əmzikli çubuqlar və borular; quyuların cari və əsaslı təmiri üçün səyyar qaldırıcı qurğular.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-26

CONTROL SYSTEM FOR WASTEWATER TREATMENT PROCESS

¹Ijabika Sardarova , ²Tural Mustafazade

¹Azerbaijan State Oil and Industry University, Department of Electronics and Automation, PhD

icabika.sardarova@asoiu.edu.az, <https://orcid.org/0000-0002-7719-497X>

²"Azersu" Open Joint Stock Company, Department of "Sukanal" Scientific Research and Project Institute,

tural.asoa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0084-5866>

ABSTRACT

The main direction of the automation of the wastewater treatment process are considered, the main blocks of mechanical and biological treatment of wastewater are shown, the entire technological treatment process and the general treatment process is described, including the reusing of disinfected water after the chlorinator. The issues of energy saving in the aeration station were investigated, the main concepts in this field were analyzed, and a structural scheme was proposed reflecting the issues to be solved and applied for the purpose of energy management (energy management) in the station. It was noted that general energy saving measures include equipping pump motors with frequency converters and soft start devices, using alternative and renewable energy, using the energy of liquid flows, connecting and opening electrical devices and apparatus with a program and a light sensor, sewage entering the station. It can include the production of electricity using the temperature and output gases or the heating of auxiliary buildings and the production of energy due to the processing (incineration) of sludge and garbage obtained in the cleaning process. Considering of the complete structure of the management system of the wastewater treatment process the control algorithm was proposed. In addition to the energy management subsystem, the system includes local management-adjustment tools and subsystems necessary to manage the cleaning process itself.

Keywords: wastewater, control system, energy management subsystem, control algorithm, fuzzy control

Introduction

The environmental protection and measures to regulate and constantly improve the ecological situation are one of the urgent problems in Azerbaijan, as in all countries of the world at present. In particular, this manifests itself in the field of efficient use of water resources and reuse of wastewater in the current conditions. Reuse of wastewater is possible only after the water has undergone several stages of purification, after it has been purified from harmful substances and mechanical additives, bacteria.

Water pollutants in various industries can be divided into two groups: insoluble and soluble substances. Urban household wastewater consists of harmful and dangerous substances. According to their origin, pollutants are divided into mineral, organic and bacterial groups. Mineral pollutants include sand, earthy substances, slag, mineral oils, etc. is attributed. Organic pollutants are divided into plants and animals according to their origin (fruit and vegetable waste, human and animal physiological excretions, meat, and fatty substances). In addition to these, household wastewater contains many disease-causing bacteria that pose a threat to the human body.

Although the variety of described methods is wide, the most applied methods are mechanical, biological, and chemical methods. In most cases, mechanical cleaning is performed at the first stage. In this case, wastewater is first cleaned of mechanical impurities by passing through gratings, sand traps and primary settling volume [1]. Then, the water is successively biologically purified in aeration tanks, secondary settling, anaerobic and degassing units. In the third stage, the purified water is neutralized by chlorine in the chlorinator and contact tanks. Chlorine mixed with water produces hydrochloric (HCl) and hypo chloric (HOCl) acids because of hydrolysis. Hypo chloric acid, which is not a solid compound, decomposes into hydrogen and chloride oxide. The neutralization process takes place in two stages. As the pH of water increases, the neutralize ability of the chlorine decreases. In this process, the contact time of water with chlorine can be up to 0.5-2 hours. Chlorine shows its effectiveness in the first half hour. After the process is completed, the water is already reusable for technical purposes.

In addition to these processes, sediment and activated sludge obtained in the first and second processes are processed and turned into waste or fertilizer according to their destination. The implementation of all these processes involves a large economic infrastructure consisting of production and auxiliary buildings, water and sludge pumping stations, compressed air compressors, aeration systems, activated sludge fields, ejectors, gas dosing devices and aggregates, and a network of pipes.

At present, the management of wastewater treatment process, energy consumption and energy saving issues are becoming more and more relevant, various analytical and research works are published. For example, in one of them, the strategy of energy use efficiency in wastewater treatment plants was explained [2], in the other, energy use efficiency in an aeration station was analyzed and studied [3]. The main purpose of the Aeration Station is to protect the environment and the natural water body from the effects of harmful substances.

The problems of improving the efficiency of the biological treatment plant of the wastewater treatment process can be done by optimizing individual main processes and improving auxiliary processes [4] and as separately in the direction of increasing the work efficiency of electrical equipment [5]. It should be noted that it is possible to correctly predict and plan energy consumption if there is sufficient information about the power consumed by electrical devices, apparatus and equipment operated at the wastewater treatment plant [6].

To increase the overall efficiency of the water treatment facility, to optimize the operation of the treatment plant and equipment, and the corresponding infrastructure, automation tools and systems should be applied both at the local and complex level [7]. This will allow to improve the quality of water treatment, increase the reliability of the devices, increase the service life, and reduce the number of personnel also.

Problem statement

The studied aeration station operates according to the block diagram developed in accordance with the established standards for such technological processes. In this case, the cleaning process is going on in the following technological sequence. At the first stage, the wastewater passes through the grate and the sand trap, and is cleaned of large mechanical impurities and sand, and at the second stage, it is subjected to biological treatment in the aeration tanks. Then, the water directed to the settling is cleaned of other particles by applying precipitation and settling, and the settled water is directed to the chlorinator. After the microbes contained in water are neutralized, water is flowing into the sea, and the settled sludge is processed and used as fertilizer.

Automation at the local level includes the starting or stopping of the engine, pump, opening and closing of the valve drawer in the corresponding devices described above in accordance with the signals received from the sensors and the operating algorithm of the control system. When a deviation from the norm is detected during the treatment process, a corresponding signal is sent to the system monitor and remote control. Accordingly, it is appropriate for the local government system to consist of the following components:

- local measuring and signaling devices;
- frequency converters for driving motors;
- programmable logic controller;
- operator panel with alarm lights and display also.

At the same time, the introduction and improvement of the complex management system ensures full control and management of the entire technological process realized by these facilities. The automation system of such wastewater treatment is quite complex and includes a local management subsystem consisting of elementary transmitters, execution mechanisms and controllers, as well as a specially designed software-hardware management complex. The automation of the entire cleaning unit consists in the implementation of remote control and management of the main parameters of the technological process [8].

The main wastewater treatment process takes place in aeration tanks and a clarifier, and neutralization is carried out in a chlorinator. The main control and management parameters of these processes are the time, oxygen supply, chlorine content and temperature and flow of wastewater, volume of output product, and the parameters are the level and hardness of the water in the tanks and rinse aid. The volume of sludge is determined after 30 minutes of settling, and then the sludge index is calculated.

In addition, chemical analysis is carried out to determine the composition of water and to correct the processes for optimal control. The parameters measured during technological process control and management are given in table 1.

Table 1. Measuring place of parameters in subprocesses.

Subprocesses	Measuring place	Control parameter	Control way and frequency
Retention of solid parts	Grid	Solid parts	Weight of waste, Every day
Removing of sand	Output of sand filter	Suspension	Weight, every three days
Aeration	Input of devise (aerator)	Organic substance	Analytic every day
Secondary settling	Output pipeline	Organic substance	Weight regular
Dehydration	Input pipeline	Humidity	Instrumentation devices %
Neutralization	Output of the chlorinator	Number of microbes	Bacteriology analyzes

The relationship between all control parameters and quantities is quite complex, and it is quite difficult to ensure the adequacy of a deterministic model of technological processes, to describe a

process with unique characteristics with an adequate deterministic model. Studies show that, as in most technological processes, the model of the technological process of wastewater treatment is notable for its non-linearity [9]. Therefore, to build an adequate deterministic control model, judgments are made that allow simplification in most cases, which leads to an increase in the model error and, accordingly, to a decrease in its adequacy to the described process. It is considered more appropriate to solve this issue based on modern information and management technologies, Softcomputing methods. One of these methods is the theory of fuzzy logic, which involves replacing each controlled variable with the corresponding linguistic variable and its membership function (fuzzification), solving the problem using inference rules of the “if..., then” type, and converting a fuzzy number of results into ordinary number (defuzzification) [10]. Currently, one of the main problems exactly is the identification of a fuzzy model [11]. The numbers processed in the fuzzy control block will be fuzzy, and the input and output of this block will be ordinary numbers.

Based on building the basic models, automation at the local level should ensure that the control system starts or stops the engine, pump, opens and closes the valve according to the fuzzy logic rules for the operation of valves in the corresponding devices described above, according to signals from transmitters.

After determining the amount and duration of oxygen supply to the aero tanks, the settling time, and the liquid level in the sump, as well as the amount of chlorine, the volume of water and the fuzzy ranges of temperature changes in the chlorination process, the corresponding membership functions can be determined for all subprocesses and fuzzy inference rules for control can be formulated.

It is necessary to note that such an approach can also be applied to the energy management process, increasing the effectiveness and performance of the treatment station.

Thus, the local and global automation of wastewater treatment facilities consists of the application of automatic control and optimization algorithms at the local level and automated regulation at the global level. The financial costs required for the treatment plant management system, improvement, and development and implementation of the new system are compensated by a significant reduction in operating, maintenance, and personnel costs.

Solution of the problem

The structure of control system considering the function and consist of the energy management subsystem can be structure presented as Figure 1. The structure includes the following blocks: Server - management computer; local management controllers, energy management subsystem (EMS) controller; measuring and control devices and devices (ADC and other necessary devices); Mechanical and biological cleaning devices; actuators with DAC and FC (frequency converter); EMS self-power supply facilities; lighting system and other devices.

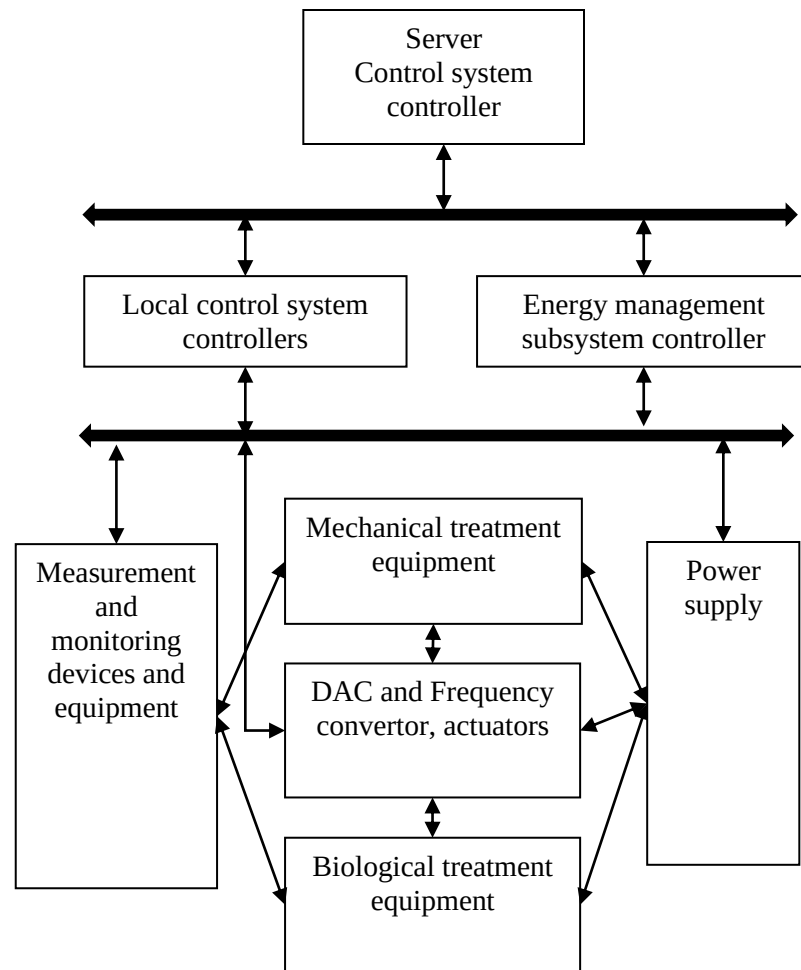


Figure 1. Structure of control system.

Based on this information and operation particularity of the control system for wastewater treatment we will determine functional tasks of given system as follow:

- measuring of control parameters;
- calculation of average values of parameters;
- optimisation of control;
- solving different task on monitoring and control;
- decision making;
- supervisory control;
- separately (locally) control and monitoring of all equipment;
- global control and monitoring of all processes;
- fire alarm control;
- security alarm control;
- energy management that includes following tasks:
 - power distribution system control;
 - wind turbine control;

- solar power station control;
- hydropower station control;
- thermal power station control;
- solar heating collector control.

Optimization of energy use in aeration plant equipment and buildings can allow significant energy savings. Energy saving measures can be realized by timely supply of electricity to light devices in auxiliary farm buildings, switching on and off the electric devices by software, generating additional electric power using the energy of streams and alternative energy sources in the lines in the aeration station, and mainly ensuring the optimization of the operation of the electromotors.

Energy management measures at the treatment plant can be include:

1. Connecting electrical devices and devices by software and sensors (light and movement).
2. Using alternative and renewable energy sources (Solar and wind energy).
3. Production of energy due to the processing (incineration) of sludge and garbage received during cleaning.
4. Connection of motors to frequency converters for soft start and speed control.
5. Production of electricity using the energy of liquid flows in the lines.
6. Production of electricity or heating of auxiliary buildings using the temperature of wastewater entering the station and formed gases.

Taking these into account, it is appropriate to include the following blocks in the structural scheme of the energy management subsystem (Figure 2), taking into account energy-saving measures:

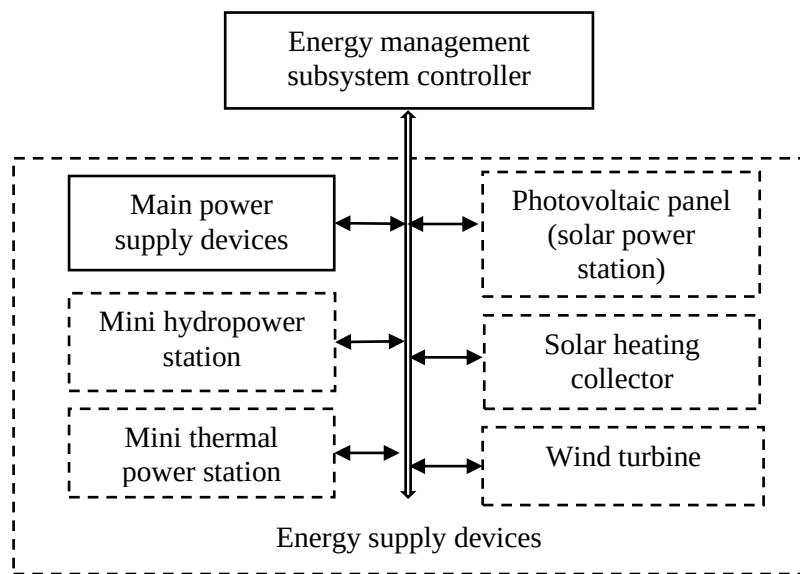


Figure 2. Structure of energy management subsystem

controller of the subsystem; main electrical network devices (transformers and voltage regulators, various switching switches - substation devices); small hydroelectric power station (it is advisable to place the turbine of the generator at the outlet of the station to prevent pollution); a small thermal power plant whose furnace can burn garbage and sludge waste; solar power plant (panels) for lighting and some household needs; wind turbine power station considering wind speed in the

area of the aeration station, and solar collectors for efficient use of solar radiation in the hot water and heating system.

The implementation of the minimum structure of the subsystem (solar collectors, solar power plant and frequency converters for pumps) will save energy soon, improve the operational quality of the equipment, increase their life and the time between repairs, and reduce accidents.

Including the energy management subsystem in the structure of the management system of the wastewater treatment process basically requires the creation of a new, improved, and expanded management system, the development of a perfect system due to the complex optimization of the treatment facilities, and the energy management. It is also a direction to create a more effective management system by increasing the modeling accuracy of the technological process and obtaining adequate models.

In parallel with this, it is advisable to start the application of solar collectors, which require little investment, as well as a solar power plant. At this time, the area required for the placement of those devices on the roof of farm buildings, and the controller, inverter and other necessary devices are selected accordingly. Other parts of the energy management subsystem shown in Figure 2, namely small hydro, and thermal power plants, as well as wind turbine power plants, require larger amounts of capital investment and larger scale works to implement. It is necessary to note that for operation of thermal power station (TPS) can be used the biomass and certain part of the solid trash in the output of mechanical treatment system which after processing are burned in stove of TPS.

Depending on the mode of the pump, pressure outlet and open outlet control are applied. In the wastewater treatment plant, open outlet management is mainly used since the main technological process here is carried out in open tanks and pools. In these pumps fed from an alternating current voltage source, starting the asynchronous motors, and adjusting their speed can be performed by changing the frequency of the supply voltage. The asynchronous motor is connected to the grid through a frequency converter and filters. A sine filter is used to prevent the sinusoidal shape of the output voltage of the frequency converter from changing.

Taking into account all the mentioned points and the location of energy management tools, the functional scheme of the technological process of wastewater treatment can be described as follows (Figure 3). Where PDS – power distribution station; TPS – thermal power station; HPS – hydropower station.

Using of the different devices for concrete processes for generation of power or hot water for heating of some rooms or for other application, is determined dependence on applicable of such devices. However, it is clear, that the mechanical treatment, aeration, sediment processing and operating of pumps in every process require more power and have large consumption than primary and secondary settling processes. So, this concept can be used for determination of application scale, to help to effectively solve the energy management problem.

Simplified operation algorithm of energy management subsystem is presented in Figure 4. The algorithm of energy management subsystem is operated on the base of measuring and controlling information that came from respective sensors and control signals from system controller. Using fuzzy algorithms for energy management can increase intelligent of given subsystem.

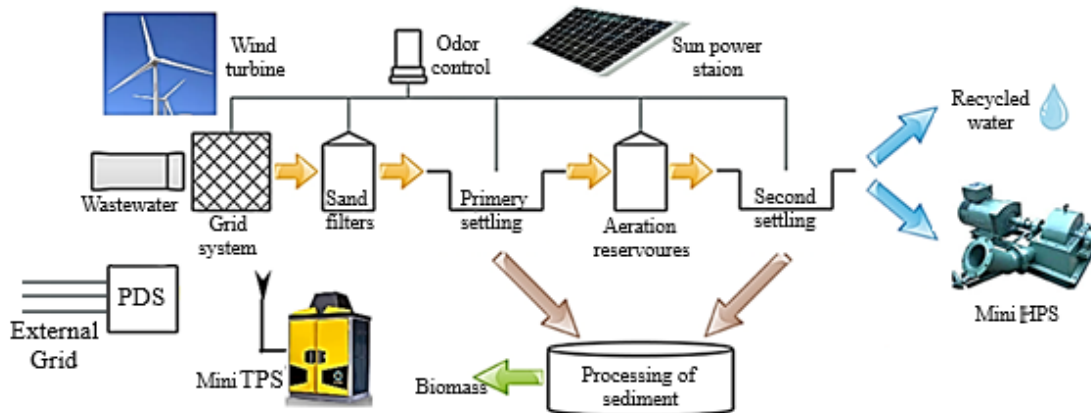


Figure 3. Functional diagram of wastewater treatment technology process power sources.

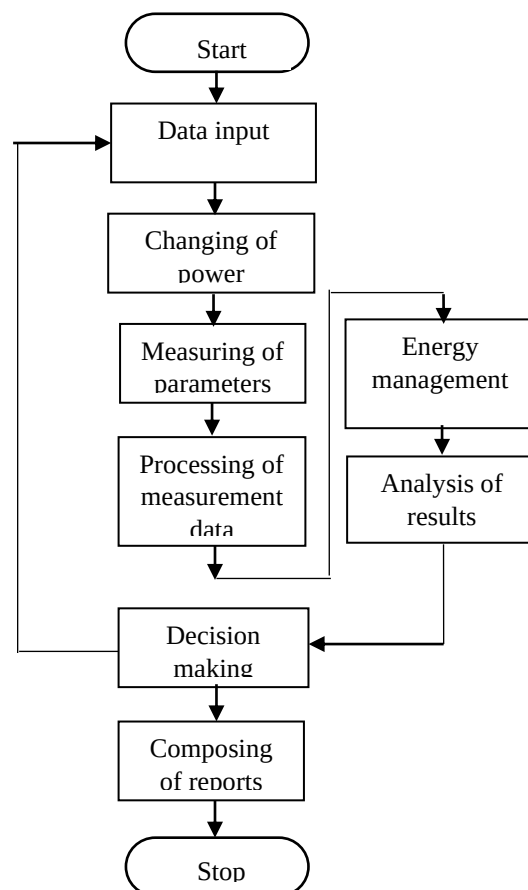


Figure 4. Simplified operation algorithm of energy management subsystem.

If the determination of changing of the power parameters on processing of measurement data energy management subsystem is formed signal for switching on/off the power supply devices or

for changing of the loads that allows to optimize of power consumption. Decision about these changes is made in decision making module. In addition, subsystem controls the connecting of different power sources dependency on daytime and power consumption.

Analysis of power sources in the treatment station shows that total power generated by the power sources mentioned above regarding to energy management subsystem will be determined as follow:

$$S_t = S_{eg} + S_{sp} + S_{hp} + S_{wp} + S_{tp}$$

Where S_t – total power; S_{eg} – power inputted from the external grid; S_{sp} – power of solar power plant; S_{hp} – power of hydropower station; S_{wp} – power of wind turbine; S_{tp} – power of thermal power plant.

Total consumption of power by equipment in station from every source in case of separate use of them in different processes can be expressed as follow:

$$W_t = k_1 W_{eg} + k_2 W_{sp} + k_3 W_{hp} + k_4 W_{wp} + k_5 W_{tp}$$

Where k_1 , k_2 , k_3 , k_4 and k_5 – coefficients of involvements of every power source, respectively. If all mentioned sources were implemented these coefficients will have certain value dependence on involvements of them. If some one of them will does not applied or does not operate coefficient according with it will be zero.

The profit obtained in results of applying all renewable sources includes solar collector and implementation other measures can be determined as follow:

$$E_s = E_{rps} + E_{EM}$$

E_s – sum economy of power; E_{rps} – economy from application of renewable power sources; E_{EM} – economy on other energy management measures.

And the other hand the cost effectiveness of first component in last expression can be determined as differ between cost of developing and implementation of renewable power sources and maintenance them and an economy obtained during entire exploitation period of this sources. Cost effectiveness of second component dependence on effectiveness of the implementation of energy management measures. It is necessary to consider the application of some devices, equipment, and software also during calculation of this parameter.

During the modernization of old wastewater treatment station (or aeration station) all control, and monitoring algorithms integrated with SCADA system which should be developed and improved accordingly to mentioned problems solved within control system, where the energy management subsystem takes exclusive place, and plays significant role in ensure the increasing of effectiveness.

Conclusion



So, one of the main directions of energy saving is the control of the speed of asynchronous motors of pumps involved to treatment process by frequency converters, because there are many pumps with AC motors.

The second way to decrease of power loss and the power economy is implementation the program and logic control of some light devices indoor and outdoor of treatment station and application of solar collectors for obtain hot water and heating of some administrative or support rooms, where personnel work.

The next stage of implementation is the solar station because it is simpler to apply.

Other sources can be built and applied after the finish of previous implementations and analysis of implementation results. The implementation order of the considered energy management measures can be changed dependency on effectiveness of them in concrete case.

The implementation of all above mentioned measures allow to:

- reduce electricity consumption;
- extend the service life of the equipment;
- save in planned maintenance;
- reduce of industrial noise and interferences;
- reduce the load on the general electrical network.

Combined use of it can totally be saved up to 30% energy.

In addition, the implementation of fuzzy control for different subprocess in wastewater treatment station and for energy management within general control will lead to more increasing of efficiency of entire process.

REFERENCES

1. Ilyin V.I. Technological processes and methods of industrial wastewater treatment: / V.I. Ilyin. - M.: RChTU, 2014, 103 p.
2. J. Daw and K. Hallett, J. DeWolfe and I. Venner. Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities.-National Renewable Energy Laboratory Malcolm Pirnie, the Water Division of ARCADIS. Prepared under Task No. IGST.1104, 2012, 25 p.
3. J. Huang and S. Zhang. Optimizing the selection of small-town wastewater treatment processes.//Earth and Environmental Science, 133, 2018, 012030 doi:10.1088/1755-1315/133/1/012030.
4. M. Gross, P. Maurer, Y. Salazar, T. Schwab, J. Strittmatter. Energy optimization in water and wastewater treatment plants. -2014, 32 p.
5. N. Farhana Azis@Aziz, Nor Azuana Ramli*, Mohd Fairuz Abd Hamid Energy efficiency of wastewater treatment plant through aeration system. Desalination and Water Treatment. www.deswater.com. doi:10.5004/dwt.2019.24134, 156, 38-45.
6. G. Vijayaraghavan, M. Jayalakshmi. A quick review on applications of fuzzy logic in wastewater treatment.//International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Vol. 3, Issue V, May 2015, pp. 421-425.
7. S. Saghafi, A. Ebrahimi, G. Najafpour, F. Hashemian, Electrical Energy Management in Industrial Wastewater Treatment Plant.//International Journal of Engineering (IJE), IJE TRANSACTIONS C: Aspects, Vol. 32, No. 9, September 2019, 1269-1276.

8. ZhenHua Li, ZhiHong Zou, LiPing Wang. "Analysis and Forecasting of the Energy Consumption in Wastewater Treatment Plant".// Mathematical Problems in Engineering, vol. 2019, Article ID 8690898, 8 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8690898>.
9. Lamas Pedro M. Vallejo and Vegaş Pastora. Analytical Fuzzy Predictive Control Applied to Wastewater Treatment Biological Processes. Hindawi Complexity, 2019, Article ID 5720185, 29 p.
10. Kumar Saravana and Latha K. A supervisory fuzzy logic control scheme to improve effluent quality of a wastewater treatment plant. //Water Science & Technology, Vol 84, No 10-11, 2021.
11. Zak Yu.A. Fuzzy-regression models in the presence of non-numerical information in the statistical sample.// System Research & Information Technologies, 2017, № 1. 88-96.

TULLANTI SULARININ EMALI PROSESİNƏ NƏZARƏT SİSTEMİ

¹İcabikə Sərdarova, ²Tural Mustafazadə

¹Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Elektronika və avtomatlaşdırma kafedrası, fəlsəfə doktoru, icabika.sardarova@asoiu.edu.az, <https://orcid.org/0000-0002-7719-497X>

²“Azərsu” Açıq Səhmdar Cəmiyyəti, “Sukanal” Elmi-Tədqiqat və Layihə İnstitutunun şöbəsi, tural.asoa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0084-5866>

XÜLASƏ

Çirkab suların təmizlənməsi prosesinin avtomatlaşdırılmasının əsas istiqamətləri nəzərdən keçirilir, tullantı sularının mexaniki və bioloji təmizlənməsinin əsas blokları göstərilir, bütün texnoloji təmizləmə prosesi və ümumi təmizləmə prosesi, o cümlədən xloratordan sonra dezinfeksiya edilmiş suyun təkrar istifadəsi təsvir edilir. Aerasiya stansiyasında enerjiyə qənaət məsələləri araşdırılmış, bu sahədə əsas anlayışlar təhlil edilmiş, stansiyada enerjinin idarə edilməsi (enerjinin idarə edilməsi) məqsədi ilə həll edilməli və tətbiq edilməli olan məsələləri əks etdirən struktur sxem təklif edilmişdir. Bildirilib ki, ümumi enerjiyə qənaət tədbirləri sırasına nasos mühərriklərinin tezlik çeviriciləri və yumşaq işəsalma qurğuları ilə təchiz edilməsi, alternativ və bərpa olunan enerjiden istifadə, maye axınının enerjisindən istifadə, elektrik cihaz və aparatlarının proqram və işıq sensoru ilə qoşulması və açılması, kanalizasiya sularının daxil olması daxildir. Stansiyaya temperatur və çıxış qazlarından istifadə etməklə elektrik enerjisi istehsalı və ya köməkçi binaların qızdırılması və təmizləmə prosesində əldə edilən lülə və zibilin emalı (yandırılması) hesabına enerji istehsalı aid ola bilər. Çirkab suların təmizlənməsi prosesinin idarəetmə sisteminin tam strukturunu nəzərə alaraq nəzarət alqoritmi təklif edilmişdir. Enerji idarəetmə alt sistemə əlavə olaraq, sistemə təmizləmə prosesinin özünü idarə etmək üçün lazım olan yerli idarəetmə-tənzimləmə alətləri və alt sistemləri daxildir.

Açar sözlər: çirkab su, idarəetmə sistemi, enerji idarəetmə alt sistemi, nəzarət alqoritmi, qeyri-səlis nəzarət

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

¹Иджабика Сардарова, ²Турал Мустафазаде

¹Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, кафедра электроники и автоматизации, кандидат технических наук, icabika.sardarova@asoiu.edu.az, <https://orcid.org/0000-0002-7719-497X>

²Открытое акционерное общество «Азерсу», отдел Научно-исследовательского и проектного института «Суканал», tural.asoa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0084-5866>

РЕЗЮМЕ

Рассмотрены основные направления автоматизации процесса очистки сточных вод, показаны основные блоки механической и биологической очистки сточных вод, описан весь технологический процесс очистки и общий процесс очистки, включая повторное использование обеззараженной воды после хлоратора. Исследованы вопросы энергосбережения на аэрационной станции, проанализированы основные понятия в этой области и предложена структурная схема, отражающая решаемые и применяемые вопросы с целью энергоменеджмента (энергетического менеджмента) на станции. Было отмечено, что общие меры по энергосбережению включают оснащение электродвигателей насосов преобразователями частоты и устройствами плавного пуска, использование альтернативной и возобновляемой энергии, использование энергии потоков жидкости, подключение и открытие электроприборов и аппаратов с программой и датчиком освещенности, ввод сточных вод. Станция может включать в себя производство электроэнергии с использованием температуры и отходящих газов или обогрев вспомогательных зданий и производство энергии за счет переработки (сжигания) шлама и мусора, полученных в процессе очистки. Учитывая полную структуру системы управления процессом очистки сточных вод, предложен алгоритм управления. Помимо подсистемы энергоменеджмента, в состав системы входят локальные средства управления-регулировки и подсистемы, необходимые для управления самим процессом очистки.

Ключевые слова: сточные воды, система управления, подсистема энергоменеджмента, алгоритм управления, нечеткое управление.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-35

NANOMATERIALS FOR REMOVAL HEAVY METALS AND PHENOLIC DERIVATIVES FROM AQUATIC SYSTEMS

¹Elman Aliyev, ²Rena Gurbanova, ³Irada Ahmadova

¹"Nanomaterials and Nanotechnologies", Deputy director of the Scientific Research Laboratory, Azerbaijan State Oil and Industry University, elmancam@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3114-511X>

²"Chemistry and technology of inorganic substances" department, Docent, Azerbaijan State Oil and Industry University, rena06.72@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3487-7797>

³Dosent, Azerbaijan State Oil and Industry University, ahmadovairada63@gmail.ru // orcid.org/0000-0003-3004-4242

ABSTRACT

Phenolic derivatives are a group of organic compounds that are often present in aquatic systems as a result of various industrial and natural processes. These compounds can have negative impacts on the environment and human health, making their removal from water systems an important concern. In recent decades, nanomaterials have become increasingly important in the field of removing phenolic derivatives from aqueous systems. Nanomaterials have unique properties such as high surface activity, high specificity and efficiency in the absorption of phenolic compounds. They can be used as adsorbents, catalysts or membranes for water purification. This review article examines the current progress in the use of nanomaterials for the removal of phenolic derivatives from aqueous systems. Various types of nanomaterials, such as carbon nanotubes, graphene, metal and oxide nanoparticles, are described, as well as their synthesis and functionalization to improve their efficiency. In addition, the prospects for the development of this field and possible challenges associated with the use of nanomaterials in the removal of phenolic derivatives are discussed. Important aspects are the environmental sustainability of nanomaterials, their biocompatibility and production costs. Research into nanomaterials for the removal of phenolic derivatives from aquatic systems continues to advance and promises to make significant contributions to improving water quality and environmental protection in the future.

Keywords: photocatalysis; mesoporous materials; triclosan; phenolic compounds; emerging pollutants; multifunctional nanomaterials

Introduction

Water is one of the most important sources of life on Earth, and its quality is fundamental to both ecosystems and human health. However, water systems are increasingly being polluted by various organic compounds, including phenolic derivatives. These compounds can make serious negative contributions to the environment and pose a threat to human health due to their toxicity and resistance to biodegradation.

In recent decades, nanotechnology has become a reliable tool for combating pollution in aquatic systems, including improving methods for removing phenolic derivatives. Nanomaterials, due to their unique properties at the nanoscale, provide new opportunities for more efficient and environmentally sustainable removal of phenolic compounds from water. These materials have high surface activity, specificity and improved adsorption capacity, making them attractive alternatives to traditional water treatment methods.

The purpose of this review article is to review the current progress and prospects of using nanomaterials for the removal of phenolic derivatives from aqueous systems. The article will



present various types of nanomaterials, their synthesis and functionalization, and also discuss the advantages and limitations of the use of nanotechnology in this area. In addition, important issues related to the environmental sustainability and biocompatibility of nanomaterials, as well as their production costs, will be discussed.

Research into nanomaterials for the removal of phenolic derivatives continues to evolve, and this review article aims to provide readers with a comprehensive overview of the current status and future prospects of this important area of research.

Nanomaterials for the adsorption of HM and phenolic derivatives.

The use of nanomaterials for the adsorption of heavy metals (HM) and phenolic derivatives in aquatic systems represents an effective and promising approach to purify water from pollutants. Nanomaterials have unique properties that make them ideal for this task, including high surface activity, high specificity, and functionalizability. Let's look at some of the most important nanomaterials used for the adsorption of HM and phenolic derivatives:

1. Carbon nanotubes (CNT): CNT are cylindrical structures made of carbon atoms and can have high surface area and porosity. They have excellent adsorption capacity for HM and phenolic compounds due to their large surface area and ability to form π - π interactions with aromatic compounds. Carbon nanotubes (CNT) indeed have outstanding adsorption properties due to their unique structure and chemical characteristics. Research has shown that CNT can be successfully used to remove heavy metals (HM) and phenolic compounds from aqueous systems. Here are some examples of results and research in this area:

1. Removal of heavy metals: CNT has a high adsorption capacity for HM such as lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), etc. Research has shown that functionalized CNT can effectively capture these metals from water. The results demonstrate the high efficiency of CNT in purifying water from HM.
2. Removal of phenolic compounds: CNT also effectively adsorbs phenolic compounds from aqueous solutions. Due to their large surface area and the ability to form π - π interactions with aromatic compounds, CNT can remove phenol, resorcinol, phenolphthalein, and other phenolic pollutants.
3. Reduction reaction and regeneration: One of the outstanding aspects of CNT is their ability to undergo reduction reaction after being saturated with metals or phenolic compounds. This means that after use, CNT can be recovered and reused, reducing material costs and making the method cost-effective.
4. Specificity and selectivity: CNT can be functionalized to provide specific adsorption of certain pollutants, allowing the selective removal of various compounds from water.

However, for the successful use of CNT in practice, it is necessary to take into account a number of factors, including the cost of production, recovery of the material and its safety for the environment. Additional research and development is aimed at improving these aspects and creating more sustainable and environmentally friendly CNT for water purification.

2. Graphene: Graphene is a single layer of carbon atoms arranged in a two-dimensional lattice. It has high specificity for the adsorption of HM and phenolic compounds and can be functionalized to improve its adsorption properties. Graphene, as a single-layer material composed of carbon atoms, has unique chemical and structural properties that make it a promising candidate for the adsorption of heavy metals (HM) and phenolic compounds from aqueous solutions. Below are

examples of research results and practical applications of graphene in the field of removal of heavy metals and phenolic compounds:

1. Heavy metal removal: Research shows that graphene has a high adsorption capacity for HM such as lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), mercury (Hg), and others. Graphene can be functionalized with various groups, such as carboxyl, amine, or thiol, to improve its specificity and selectivity for specific metals. This makes graphene an effective material for removing heavy metals from water.
2. Removal of phenolic compounds: Graphene has also been successfully used for the adsorption of phenolic compounds such as phenol, resorcinol, cresol, and others. Due to its large surface area and ability to form π - π interaction with aromatic compounds, graphene can effectively capture phenolic pollutants from water.
3. Selectivity and regeneration: Graphene can be functionalized to provide selective adsorption of certain compounds, making it useful for removing specific pollutants from complex aqueous environments. In addition, graphene can be recovered and reused after saturation.
4. Practical applications: Graphene and its functionalized forms are being actively studied for practical applications in water purification systems. For example, graphene filters and membranes are used to remove contaminants from drinking and waste water and are being researched in the treatment of water systems in industrial plants and for water treatment in large cities.

However, there are also challenges in the application of graphene, such as its production cost and environmental aspects. Despite this, graphene remains a promising material for effective water purification and continues to attract the attention of researchers and environmental engineers.

3. Nanoparticles of metals and oxides: Metal nanoparticles such as iron or aluminum nanoparticles, as well as oxides such as titanium oxide or zinc oxide, can be used for the adsorption of HM. They have catalytic properties and the ability to adsorb phenolic compounds. Metal and oxide nanoparticles are important materials for the adsorption of heavy metals (HM) and phenolic compounds from aqueous media, and studies have demonstrated their effectiveness in this field. Here are some examples of results and practical applications of metal and oxide nanoparticles:

1. Iron Nanoparticles (Fe): Iron nanoparticles, especially in the form of nanoadsorbents, are used to remove heavy metals such as lead and cadmium from aqueous systems. They can act as adsorbents and catalysts for the physicochemical reduction reaction, which facilitates the capture of HM.
2. Aluminum (Al) nanoparticles: Aluminum nanoparticles can also be used to adsorb HM such as copper and zinc. They can react with metals and form solid deposits that can be removed from the water.
3. Titanium oxide nanoparticles (TiO_2): Titanium oxide nanoparticles are widely used in photocatalysis for the degradation of phenolic compounds and other organic pollutants. When exposed to ultraviolet light, they catalyze photochemical reactions, destroying phenol and other organic compounds.
4. Zinc oxide nanoparticles (ZnO): Zinc oxide nanoparticles also have photocatalytic properties and can be used to degrade phenolic compounds in water. They can be activated by light and catalyze the breakdown of pollutants.

5. Application in practice: Nanoparticles of metals and oxides are widely used in industry to purify water and wastewater from heavy metals and phenolic compounds. They are used in filtration systems, catalysis, and membrane processes to remove contaminants.

These materials have a large surface area and chemical reactivity, making them effective adsorbents and catalysts for purifying a variety of pollutants from aqueous systems. However, their application may also depend on the specific conditions and chemical characteristics of the pollutants and water, requiring careful design and optimization of treatment processes.

4. Molecular sieves and membranes: Nanomaterials can also be used in the form of molecular sieves and membranes to filter and adsorb pollutants from water. Molecular sieves and membranes can be specifically designed to meet specific needs and contaminants. The use of nanomaterials as molecular sieves and membranes for filtration and adsorption of pollutants from water does have many promising practical results. These molecular sieves and membranes can be specifically designed to meet the specific needs and chemical characteristics of the pollutants. Here are some examples of results and practical applications:

1. Molecular sieves for the removal of organic pollutants: Nanomaterials such as carbon nanotubes (CNT) and polymer-based molecular sieves can be used to remove organic pollutants such as phenolic compounds, pesticides, and pharmaceuticals. These sieves have a microporous structure that allows the selection of molecules of a specific size and chemical affinity.

2. Membranes for reverse osmosis and ultrafiltration: Nanomaterials can be integrated into membrane filters for reverse osmosis and ultrafiltration, which are used for the purification of drinking water and industrial wastewater. These membranes have nanoscale pores that allow water to pass through but pollutants, including HM and organic compounds, to be retained.

3. Membranes for separating gases and liquids: Nanomaterials can also be used in membranes for separating gases and liquids. These membranes can be used to purify water from dissolved gases such as nitrogen and ammonia, as well as to separate mixtures of chemical compounds.

4. Selective Membrane Filtration: Some nanomaterials, such as metal-organic frameworks (MOF), can be integrated into membranes to selectively filter certain pollutants. This allows specific chemical compounds to be removed from water.

5. Practical application: Nanomaterials in molecular sieves and membranes are actively used in industry for water purification and various separation processes. This includes drinking water purification, seawater desalination, wastewater treatment, and other applications.

The use of nanomaterials in molecular sieves and membranes allows for more efficient and selective water purification, making this method an important tool in the field of water treatment and environmental protection.

5. Other nanomaterials: There are many other nanomaterials such as nanocellulose, titanium oxide nanotubes, and polymer nanoparticles that can also be effective in the adsorption of HM and phenolic derivatives. Indeed, there are many different nanomaterials other than carbon nanotubes, graphene, and metal and oxide nanoparticles that can be effective in the adsorption of heavy metals (HM) and phenolic derivatives from aqueous systems. Below are examples of some other nanomaterials and their practical applications:

1. Nanocellulose: Nanocellulose, obtained from plant materials, has high surface activity and can be used for the adsorption of heavy metals and organic pollutants. It is widely used in the field of water purification and can be integrated into hydrogel materials and filtration membranes.

2. Titanium oxide nanotubes (TiO₂): Titanium oxide nanotubes have good adsorption capacity and photocatalytic properties. They can be used to remove HM and phenolic compounds, especially in photocatalysis processes under the influence of ultraviolet light.
3. Polymer Nanoparticles: Polymer nanoparticles such as nanogels and nanospheres can be functionalized to adsorb specific pollutants. They can be dispersed in aquatic environments and used to capture organic compounds and HM.
4. Mineral-based nanoadsorbents: Some mineral-based nanomaterials, such as iron hydroxide or aluminum hydroxide, can be used to adsorb HM from water. They have specificity for certain metals and can be used to remove metal contaminants.

Nanomaterials for the adsorption of TCS (Triclosan) and phenolic derivatives.

In the next few decades, 68% of the world's population is expected to live in cities that are highly dependent on water sources influenced by agricultural runoff and industrial and municipal wastewater discharges [1]. Triclosan (TCS or 2,4,4'-trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether) is a widely used preservative and antimicrobial agent in personal care products such as soaps, skin creams, toothpaste and deodorants, as well as household products, such as plastic cutting boards, sports equipment, and shoes. Its mild nature without compromising effectiveness has made it a widespread and widely used active ingredient for these applications throughout the world [2]. However, the prevalence of this chlorinated phenolic compound and its derivatives has begun to become a concern for aquatic life as most of the TCS and other phenolic derivatives end up in sewer systems and wastewater treatment plants (Fig.1). Due to the lipophilicity of TCS, with an octanol-water partition coefficient of 4.8 [3], and therefore its propensity for organic particulates [4], wastewater discharges and sewage treatment plant sludge are the most prominent source of TCS in aquatic environments [5]. As a result of public pressure, regulation, and policy, agencies such as the US Federal Drug Administration (FDA) banned the use of TCS as an over-the-counter product in 2016. Since most of the TCS and other phenolic derivatives end up in sewer systems and wastewater treatment plants (Fig. 1). As a result of public pressure, regulation, and policy, agencies such as the US Federal Drug Administration (FDA) banned the use of TCS as an over-the-counter product in 2016. Discharges of wastewater and sludge from treatment plants are the most prominent source of TCS in the aquatic environment [5]. In 2013, the US FDA asked manufacturers of antibacterial soaps to prove that their products are more effective than regular soap in preventing disease or to withdraw them from the market [1,2]. Because no such evidence was provided, the FDA in September 2016 banned the sale of antiseptic hand and body cleansers containing a number of ingredients, including triclosan. The basis for the ban was the belief that such antiseptic products do not provide the consumer with additional protection compared to conventional cleaning products and may cause harm in the long term. The ban applies to liquid soap, gels, foam, and bar soap. It does not apply to "sanitary gels," wet wipes, or specialty antiseptics. Triclosan (TCS) is still allowed in toothpaste, hand sanitizer, and mouthwash. The FDA announced that the final decision to ban triclosan will go into effect in April 2020 [1]. The European Union banned the use of triclosan in all biocidal hygiene products starting in January 2017 [2]. The negative effect of triclosan is due to its ability to destroy both harmful (harmful) and beneficial bacteria in humans. Long-term use leads to a weakening of the body's immune forces, and resistance to antibiotics develops. It is believed that prolonged use of products containing triclosan accumulates in the body, which leads to the occurrence of a number of diseases.

Aside from TCS, numerous additional phenolic compounds are utilized as broad-spectrum antimicrobials, surface cleaning additives, and precursors for a variety of industrial activities (pharmaceuticals, surfactants, and insecticides). Cresols, catechols, bisphenol A (BPA), and nonylphenol ethoxylates are examples. These chemicals, like TCS, are emerging pollutants owing to their ubiquitous usage and propensity to damage the endocrine system. As a result, they have been identified as priority pollutants by organizations such as the United States Environmental Protection Agency (EPA) and the European Union (EU). BPA is the most well-known of these classes of chemicals. Figure 2 outlines the common phenolic compounds and their sources, which are gradually becoming new environmental contaminants [5-10].

Meanwhile, research on nanomaterials with possible environmental remediation applications has been ongoing for some years, since these materials have a significant ability to adsorb and, in some cases, photocatalysis certain chemical pollutants. Inorganic nanoparticles made of silica and titanium dioxide, for example, can be produced with a large surface area and used as adsorbents for TCS and related phenolic chemicals, reducing or eliminating the detrimental effects of these compounds and their derivatives in the aquatic environment. Furthermore, inorganic semiconducting materials, such as titanium dioxide, have photocatalytic effects in decomposing these molecules.

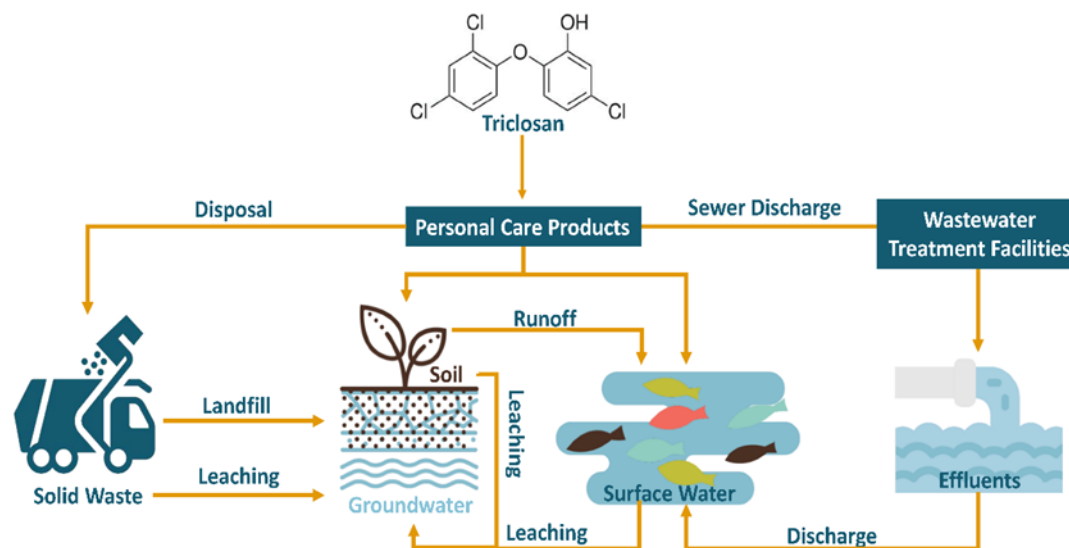


Figure 1. Some of the major sources of triclosan (TCS) and ways by which it can enter water systems and the environment. (<https://www.mdpi.com/1420-3049/28/18/6568>)

Adsorption is commonly used to remove toxins from aquatic systems, including TCS since adsorption techniques are relatively simple to develop and deploy, and they do not generate toxic byproducts.[11] Adsorption is a surface phenomenon that occurs when an adsorbate (in either gas or liquid phase) adheres to the surface of a solid object known as an adsorbent [12]. Adsorption is performed in practice using an adsorbent, often in powder form, either batch or continuously within columns.

Mass transfer effects are unavoidable in such situations. The entire adsorption process includes mass transfer and diffusion, as well as three major phases. The first two, which may be limiting,

are film diffusion and mass transfer (on external surfaces) or pore diffusion (on internal system surfaces), while the final step is surface adsorption via physical forces or electrostatic interactions (on material surfaces). There are several publications in the literature on different (nano)porous materials for metal ion, dye, and pollutant adsorption for environmental remediation [13].

Metal oxides such as MgO, SiO₂, TiO₂, ZnO, and carbon-based compounds have received the most attention. Other materials, such as stacked double hydroxides [14] and graphene oxides (GO) [15,16,17], have recently emerged. For the production of mesoporous nanomaterials such as SiO₂, a variety of TiO₂ and carbon-based compounds are employed. The formation of mesopores (or nanopores) within these materials is an essential stage in the development of efficient adsorbents. These techniques are classified as hard pattern, soft pattern, and non-pattern. The solid pattern approach, also known as nano-melting, creates a mesoporous structure by using solid patterns. The design is then removed, leaving mesopores inside the material. Preformed nanoparticles, carbon, and mesoporous silicon are among the designs used

One advantage of this process is that there is no need to manage hydrolysis and condensation in order for them to interact well with the matrix, which must be considered when executing soft co-condensation or self-assembly procedures with a structure. [18]. One downside of this approach, particularly when contrasted to the soft pattern method, is the lack of universal hard patterns with regulated structures and sizes, which makes synthesis time-consuming and less customizable. The soft pattern approach employs soft or self-organizing substances as patterns for the formation of mesoporous structures in materials.

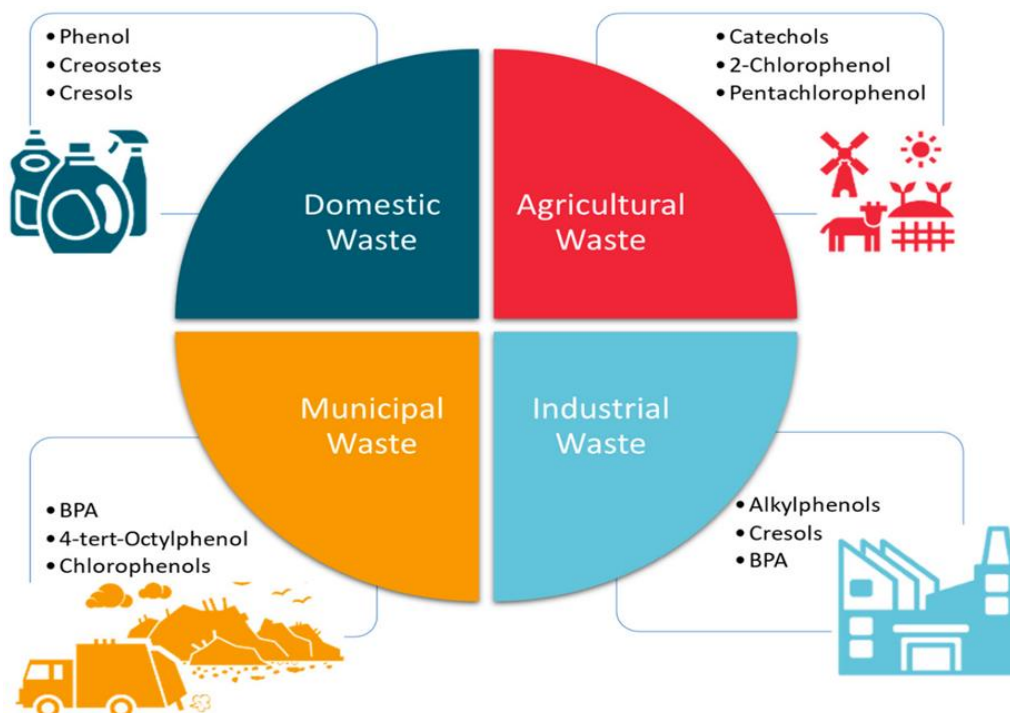


Figure 2. Some phenolic compounds that are related to TCS and that are used in various consumer products are shown. These are also increasingly becoming emerging environmental pollutants worldwide. (<https://www.mdpi.com/1420-3049/28/18/6568>)

This process entails the co-assembly of molecules of surface-active chemicals like Pluronic-123 with guest silicate particles to build an ordered mesoporous silicon structure. This procedure may be performed in both aqueous and non-aqueous solutions (i.e., hydrothermal and solvothermal processes, or evaporation-induced self-assembly processes (EISA)) [19-25]. The pattern is then removed by digesting the materials (typically above 350°C for at least 3 hours to eliminate any organic components) or extracting with a solvent (using acidic solution or organic solvents). Because of the simplicity of operation and thorough removal of organic SAM, forging is one of the most often used ways of eliminating soft patterns. However, it has a number of drawbacks, including the full loss of surface-active chemicals and a reduction in the density of surface hydroxyl groups. For many applications, including environmental recovery, surface hydroxyl groups are critical for fixing other functional groups on the material surface. Surface area, pore size, pore volume, and crystallinity all have an impact on the efficacy of mesoporous nanomaterials platforms in eliminating contaminants. This is determined by the qualities of the nanostructured platforms. While titanium dioxide and carbon materials have been studied for the removal of emerging pollutants, such as medicines, the distribution of which in water systems is increasing [26], reports of nanopolytic and nanostructured TCS adsorbents, phenolic compounds, and their derivatives are still scarce. On the other hand, these compounds are growing more prevalent and causing major environmental concerns, necessitating further attention.

Adsorption and photocatalysis are the two most often used methods for removing these phenolic chemicals or their derivatives from water using mesoporous nanomaterials. Carbon materials have been widely researched in the extraction of TCS and other phenolic chemicals from liquids by adsorption. They were also among the very first materials explored for this purpose. Carbon materials with strong TCS adsorption capacities may be created by carefully tailoring their structure to allow them to absorb this chemical effectively. Activated porous charcoal is a viable alternative material for extracting TCS from solutions due to its high adsorption capability and low cost.

Degradation of TM and related phenolic compounds.

Degradation of heavy metals (HM) and related phenolic compounds in aquatic systems can lead to the formation of various intermediates, including carcinogenic compounds. This process can be complex and depends on many factors, such as the type of contaminant, environmental conditions, and treatment methods. The main aspects of the degradation of heavy metals and phenolic compounds, as well as the risk of the formation of carcinogenic intermediates, are discussed below:

1. Physical and chemical processes: Aquatic systems can undergo physicochemical processes such as oxidation, hydrolysis, photolysis and complexation, which can change the structure of contaminants. For example, the oxidation of phenols can lead to the formation of quinones, which can be carcinogenic. Physicochemical processes such as oxidation, hydrolysis, photolysis and complexation play an important role in treating aqueous systems and improving their quality. They can be used to convert or remove pollutants, including phenolic compounds and other organic substances. However, it is important to consider that some of these processes may result in the formation of carcinogenic intermediates. Here are some examples of research and results in this area:

1. **Oxidation of phenols:** Oxidation of phenolic compounds can be carried out using chemical oxidizing agents such as potassium permanganate (KMnO_4) or hydrogen peroxide (H_2O_2). This allows phenols to be converted into less toxic products, such as quinones. However, this can produce carcinogenic dioxins and furfural.
2. **Hydrolysis of phenols:** Hydrolysis of phenolic compounds can lead to the formation of simpler and less toxic products, such as oxygen and carbon dioxide. This process can be carried out at elevated temperatures and hydrogen pH.
3. **Photolysis:** Photolysis, especially using ultraviolet (UV) light, can be an effective method for the degradation of phenolic compounds in aqueous systems. This process can help break down aromatic structures and produce less toxic fragments.
4. **Chelating agents:** The use of chelating agents such as organic or inorganic chelating agents can help trap or convert heavy metals into less toxic forms. This may be an important step in the process of removing HM from aquatic systems. It is important to note that when using physicochemical processes to treat aquatic systems, careful monitoring, and control of the resulting products is necessary to avoid the formation of carcinogenic or toxic compounds. Therefore, process development and optimization, as well as ensuring safety by removing or neutralizing the resulting intermediates, are essential for efficient water treatment and the protection of human health and the environment.

2. Biological treatment: In some cases, biological treatment of water, including biodegradation by microorganisms, can degrade HMs and phenolic compounds. However, this process can also create metabolic intermediates that may be carcinogenic or toxic. Biological water treatment, which involves biodegradation by microorganisms, can indeed be an effective method for the degradation of heavy metals (HM) and phenolic compounds. However, as with physicochemical processes, this process can create metabolic intermediates that may be carcinogenic or toxic. Here are some important aspects of this problem:

1. **Biodegradation of HM:** Many microorganisms are capable of associating HM and converting them into less toxic or less mobile forms. This occurs as a result of the processes of sorption, coprecipitation, biosorption and bioprecipitation. However, complex metabolic intermediates may be formed.
2. **Biodegradation of phenolic compounds:** Many bacteria and fungi are capable of biologically degrading phenolic compounds. This may include oxidation, hydrolysis, and other biological reactions. However, as with HM, it can also create a variety of metabolic intermediates.
3. **Potentially Carcinogenic Intermediates:** It is important to consider that some metabolic intermediates formed during biodegradation may be carcinogenic or toxic to humans and the environment. This creates a need for monitoring and treatment, even after the biological treatment of water.
4. **Process control and optimization:** To reduce the risk of the formation of carcinogenic intermediates, careful study and optimization of biological processes is necessary. This may include selecting appropriate microorganisms, adjusting environmental conditions (temperature, pH, etc.), and monitoring output products.
5. **Ensuring Safety:** It is important to ensure the safety of drinking water and water systems, which requires additional treatment and monitoring steps to ensure that potentially hazardous intermediates do not enter the water supply.

Biological treatment remains an important method of water treatment, but when using it, possible side effects must be taken into account and measures must be taken to control and minimize them.

3. Photochemical oxidation reactions: When exposed to ultraviolet (UV) light, phenolic compounds and HM can undergo photochemical oxidation, which can lead to the formation of peroxides and other carcinogenic compounds. Photochemical oxidation under ultraviolet (UV) light can indeed be an effective method for the degradation of phenolic compounds and heavy metals (HM) in aquatic systems. However, it is important to consider that this process can create metabolic intermediates that may be carcinogenic or toxic. Here is an example illustrating this problem:

*Ultraviolet irradiation of phenols:

-Consider a phenolic compound such as phenol (C_6H_5OH). When exposed to UV light, phenol can undergo photochemical oxidation. This process results in the rupture of the aromatic ring and the formation of various products, including dioxins and furfural.

-Dioxins, such as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxin (TCDD), are carcinogens and can have serious negative effects on human health and the environment.

-Furfural (C_4H_3OCHO) is also considered a potentially carcinogenic and toxic compound. Therefore, when using photochemical oxidation to remove phenolic compounds and HM in aquatic systems, it is necessary to consider the possibility of the formation of carcinogenic intermediates and take measures to minimize and control them. This may involve selecting optimal UV light irradiation conditions and monitoring effluents, as well as additional water treatment steps to remove or neutralize these intermediates.

4. Adsorption and sorption: Some nanomaterials and adsorbents used to remove HM and phenolic compounds from water can form complexes with pollutants. This can change their chemical activity and, in some cases, lead to the formation of new products. Adsorption and sorption are processes in which nanomaterials and adsorbents can interact with contaminants in water by forming complexes or adsorbing them to their surface. These processes can lead to changes in the chemical activity of pollutants and even the formation of new products. An example in practice could be the following case:

Adsorption of heavy metals on functionalized nanomaterials:

-Consider the use of functionalized nanomaterials such as mesoporous silica gels with immobilized chelate groups to remove heavy metals such as lead (Pb) and cadmium (Cd) from water.

-These nanomaterials have chelate groups that can form complexes with heavy metal ions. This allows these metals to be effectively captured from the water.

-However, during the formation of chelate complexes, a change in the chemical activity and mobility of these metals may occur. Complexes may be less readily available for chemical reactions, and this may affect the chemical transformations of metals in an aqueous environment.

-In addition, during prolonged interaction of nanomaterials with pollutants, redox transfer of electrons can occur between the surface of the nanomaterial and metal ions, which can lead to oxidation or reduction reactions.

This example illustrates how the adsorption of nanomaterials and adsorbents can alter the chemical activity of pollutants and influence their reactions in the aquatic environment. Understanding these processes is important when developing and optimizing methods for

removing contaminants from water to minimize potential unwanted chemical changes and the formation of new products. To reduce the risk of the formation of carcinogenic intermediates when removing heavy metals and phenolic compounds from aquatic systems, it is important to carefully monitor and analyze degradation products. Advanced treatment methods such as activated carbons or membrane technologies can also be used, which can help effectively treat and remove contaminants. It is also important to consider the environmental sustainability and safety of water treatment methods in terms of the formation of potentially hazardous intermediates.

Effect of solution pH.

Solution pH plays a key role in the degradation of heavy metals (HM) and phenolic compounds in aqueous systems. The effect of pH can be critical to the efficiency and rate of degradation of pollutants, and this depends on the specific chemical and physicochemical properties of the pollutants and the environment. Let's consider how the pH of a solution can affect the degradation of heavy metals and phenolic compounds:

1. TM degradation:

***Flocculation and Sedimentation:** Some HM, such as lead (Pb), can form solid precipitates at elevated pH, which facilitates their removal from water. Flocculation and sedimentation are processes by which heavy metals (HM) can form particulate matter when the pH of the aquatic environment changes. These sediments can be easily removed from water, making this treatment method important for reducing HM concentrations in aquatic systems. Here is an example of such a process in practice: Lead (Pb) removal through flocculation and sedimentation:

1. Water Preparation: Consider a water system that contains elevated concentrations of lead (Pb). The water from this system can be treated.
2. Increasing pH: Water can be treated by increasing its pH, for example by adding sodium hydroxide (NaOH) or lime (CaO). When exposed to elevated pH, lead (Pb) can form hydroxide precipitates such as lead hydroxide $Pb(OH)_2$.
3. Flocculation: The resulting hydroxide precipitates will tend to coagulate and form flocculi - solid particles. This process is called flocculation.
4. Sedimentation: Floccules consisting of solid lead particles will settle to the bottom of the reaction tank or sedimentation basin. These residues can then be easily removed by mechanical filtration or sedimentation.
5. Water purification: After sediment is removed, the water goes through filtration and disinfection processes to be suitable for use or release into the environment. This process is an effective method for removing lead and other heavy metals from water. However, it is important to ensure that sludge is properly managed, handled, and disposed of safely, as heavy metals can be hazardous to human health and the environment.

***Ionization:** Ionization of HM can change their solubility depending on pH. For example, some heavy metals may produce ions that are less soluble under acidic conditions, which may contribute to their precipitation. Ionization of heavy metals (HMs), depending on the pH of the aqueous medium, can lead to a change in their solubility and contribute to precipitation. Here is an example of such a process:

Removing iron (Fe) from water through pH changes:

1. Source Water: Consider a water system that contains elevated concentrations of iron (Fe) due to the dissolution of iron from the soil or other sources.

2. Changing pH: To remove iron from water, you can change the pH of the water. Iron forms different ions depending on pH:

-Under neutral or slightly acidic conditions, iron can be found in the form of Fe(II) (ferrous) and Fe(III) (ferric) ions, which can be dissolved in water. -At elevated pH (alkaline conditions), Fe(II) and Fe(III) can oxidize and form hydroxide precipitates such as iron hydroxide $\text{Fe}(\text{OH})_3$ or $\text{FeO}(\text{OH})$.

3. Flocculation and Sedimentation: The resulting iron hydroxide precipitates will tend to coagulate and settle in the water.

-Sedimentation and Removal: Sediment can be easily removed by filtration or sedimentation, and clean water can be extracted from the top layer without iron sediment.

This process is one of the methods for removing iron from water and depends on the ionization of iron depending on pH. With proper pH management and water monitoring, iron concentrations in water can be effectively reduced and safe and clean drinking water can be provided.

*Complexation: pH can affect the ability of HM to form complexes with organic and inorganic ligands in water. This may alter their mobility and toxicity.

Degradation of phenolic compounds

*Oxidation and hydrolysis reactions: Degradation of phenolic compounds is often dependent on the pH of the solution. For example, oxidation of phenols may be more efficient under alkaline conditions, whereas hydrolysis may occur better under acidic conditions.

*Photolysis: The effect of pH on the photolysis of phenolic compounds can also be significant. Ultraviolet (UV) irradiation may be more effective under certain pH conditions.

*Biodegradation: The microorganisms responsible for the biodegradation of phenolic compounds are also pH-dependent. Optimal pH may vary for different types of microorganisms. Based on the above factors, the optimal pH for the degradation of heavy metals and phenolic compounds may vary. Therefore, when developing water purification methods, it is necessary to take into account the pH of the solution and its regulation. This may require the use of alkalis or acids to maintain optimal conditions for degradation or adsorption of contaminants.

Photocatalysis. Mesoporous hybrid materials

Photocatalysis is a process in which light (usually ultraviolet or visible light) is used to activate a catalyst, which promotes a chemical reaction. Photocatalysis can be an effective method for the degradation of pollutants in aquatic systems, including heavy metals and phenolic compounds. One of the ways to improve photocatalysis is the use of mesoporous hybrid materials [27-29]. Mesoporous hybrid materials are structures that combine organic and inorganic components and have a mesoporous (medium) pore structure. These materials have several advantages in photocatalysis:

1. Large Surface Activity: Mesoporous structures provide large surface area for pollutant adsorption and light irradiation. This increases the number of active sites on the surface of the material and, therefore, increases the efficiency of catalysis.
2. Enhanced adsorption: Materials with a mesoporous structure can provide better adsorption of pollutants on their surface, contributing to their concentration and more efficient irradiation with light.
3. Controllable structure: Mesoporous hybrid materials can be designed to suit specific needs, allowing their structure and chemical properties to be tuned for optimal photocatalysis.

4. **Stability:** Many mesoporous hybrid materials have high chemical and thermal stability, making them suitable for use in a variety of conditions. Mesoporous hybrid materials can be functionalized with various catalysts or photosensitive compounds, allowing them to be specifically activated by light to catalyze the degradation of pollutants in water. This approach may be particularly useful for removing heavy metals and phenolic compounds that may be difficult to remove using traditional purification methods.

Functionalized nanoporous hybrid materials

Functionalized nanoporous hybrid materials are materials with nanoscale pores within which functional groups or molecules can be embedded. These materials have unique properties and can be effectively used in photocatalysis for the degradation of pollutants in aquatic systems. Here are some important aspects of functionalized nanoporous hybrid materials:

1. **Enhanced Adsorption:** Internal nanopores allow the material to increase its surface area, which allows for more efficient adsorption of contaminants from water. Functional groups on the surface of a material can improve the adsorption of specific types of pollutants.
2. **Catalysis specificity:** Functional groups can impart specificity to material in catalyzing certain chemical reactions. This allows the creation of catalysts that selectively degrade specific pollutants.
3. **Photosensitivity:** Adding photosensitive molecules or catalysts inside nanoporous materials allows them to be irradiated with light and catalyze photochemical reactions, including the degradation of pollutants.
4. **Stability and regeneration:** Some functionalized nanoporous materials have high chemical and thermal stability, which allows them to be used in a variety of conditions. In addition, they can be regenerated and reused.
5. **Custom Design:** Materials can be designed to meet specific needs, allowing customization of their structure, pore sizes, chemical properties, and functional groups. Functionalized nanoporous hybrid materials may be useful for removing various contaminants from water, including organic compounds, heavy metals, and even some pesticides and pharmaceutical compounds. They represent a promising direction in the field of photocatalysis and purification of water systems from pollutants.

Mesoporous metals and metals supported on metal oxides for photodegradation of TM and other phenolic compounds and their derivatives

Mesoporous metals and metals supported on metal oxides are a class of materials that exhibit high photocatalysis activity for the degradation of heavy metals (HM), phenolic compounds, and their derivatives in aqueous systems [30]. These materials combine the advantages of a mesoporous structure and metal-based catalysts. Here are some key aspects of this approach:

***Mesoporous structure:** Mesoporous materials are characterized by the presence of pores with sizes ranging from 2 to 50 nm. This creates a large surface area and provides space for adsorption and catalyst activity.

***Metal catalysts:** Metals such as titanium (Ti), zinc (Zn), iron (Fe), nickel (Ni), etc. supported on mesoporous supports can serve as active catalysts for various photochemical reactions.

***Photodegradation:** When exposed to light (often ultraviolet or visible light), mesoporous and metal oxide metals can catalyze the photodegradation of HM phenolic compounds and their

derivatives. This occurs through various photochemical processes such as photolysis and photocatalysis.

***Selection of metal catalyst:** The choice of metal catalyst depends on the purpose of photodegradation. For example, photocatalysis using titanium dioxide (TiO_2) and photoactivated oxygen can be effective for the degradation of organic compounds.

***Regeneration:** Many of these catalysts can be regenerated and reused, increasing their cost-effectiveness.

***Selectivity and Specificity:** Photocatalysis with metal catalysts can be tuned to selectively degrade certain compounds, which is useful in removing specific pollutants. Mesoporous metals and metals supported on metal oxides represent a promising class of materials for improving the photodegradation efficiency of HM and phenolic compounds in aqueous systems. They have potential applications in the fields of water purification, contaminant removal and environmental protection.

Conclusions

Photocatalysis using nanomaterials, mesoporous hybrid materials, and mesoporous metals or metals supported on metal oxides is a promising method for the degradation of heavy metals (HM), phenolic compounds, and their derivatives in aqueous systems. Nanomaterials have unique properties such as large surface area, specificity, and functionalizability, which make them effective catalysts in the photodegradation of pollutants. Mesoporous structures increase surface activity and provide space for the reaction, and metal catalysts increase the speed and efficiency of the process.

However, when applying these methods, many factors must be taken into account, such as the pH of the solution, the type of contaminants, the light source, and the stability of the materials. In addition, it is important to ensure environmental sustainability and process safety, as well as the ability to recover and reuse materials.

Future prospects

1. Research on the development of new nanomaterials with improved photocatalytic properties will continue. This involves the synthesis of materials with high specificity for specific pollutants.
 2. Integration with other technologies: Photocatalysis can be integrated with other water treatment methods such as filtration and reverse osmosis to create complete treatment systems.
 3. Efficient Regeneration: The development of catalyst regeneration and reuse methods will become more important to reduce material costs and reduce environmental impact.
 4. More sustainable and safe materials: Efforts will be directed towards creating more environmentally sustainable and safe nanomaterials for photocatalysis to minimize potential negative impacts.
 5. Industrial scaling: With the development of photocatalysis technology and evidence of its effectiveness, greater adoption of these methods in industry for water purification is expected.
- Photocatalysis using nanomaterials and mesoporous materials is a powerful tool in the control of pollution in water systems, and its development and improvement will contribute to improving water quality and environmental protection in the future.

REFERENCES

1. Prasse, C.; Ford, B.; Nomura, D. K.; Sedlak, D. L. Unexpected Transformation of Dissolved Phenols to Toxic Dicarbonyls by Hydroxyl Radicals and UV Light. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2018, 115, 2311–2316. [CrossRef] [PubMed]
2. Jones, R.D.; Jampani, H. B.; Newman, J.L.; Lee, A. S. Triclosan: A Review of Effectiveness and Safety in Health Care Settings. *Am. J. Infect. Control.* 2000, 28, 184–196. [CrossRef] [PubMed]
3. McMurry, L.M.; Oethinger, M.; Levy, S. B. Triclosan Targets Lipid Synthesis. *Nature* 1998, 394, 531–532. [CrossRef] [PubMed]
4. Guo, J.; Iwata, H. Risk Assessment of Triclosan in the Global Environment Using a Probabilistic Approach. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2017, 143, 111–119. [CrossRef]
5. Constantin, L.A.; Nitoi, I.; Cristea, N.I.; Constantin, M.A. Possible Degradation Pathways of Triclosan from Aqueous Systems via TiO₂ Assisted Photocatalysis. *J. Ind. Eng. Chem.* 2018, 58, 155–162. [CrossRef]
6. Milanović, M.; Rurić, L.; Milošević, N.; Milić, N. Comprehensive Insight into Triclosan—From Widespread Occurrence to Health Outcomes. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021, 1, 1–22. [CrossRef]
7. Dhillon, G. S.; Kaur, S.; Pulicharla, R.; Brar, S. K.; Cledon, M.; Verma, M.; Surampalli, R.Y. Triclosan: Current Status, Occurrence, Environmental Risks and Bioaccumulation Potential. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 5657–5684. [CrossRef]
8. Lee, D. G.; Zhao, F.; Rezenom, Y. H.; Russell, D.H.; Chu, K. H. Biodegradation of Triclosan by a Wastewater Microorganism. *Water Res.* 2012, 46, 4226–4234. [CrossRef]
9. Feng, Y.; Zhang, P.; Zhang, Z.; Shi, J.; Jiao, Z.; Shao, B. Endocrine Disrupting Effects of Triclosan on the Placenta in Pregnant Rats. *PLoS ONE* 2016, 11, e0154758. [CrossRef]
10. Dar, O.I.; Aslam, R.; Pan, D.; Sharma, S.; Andotra, M.; Kaur, A.; Jia, A.Q.; Faggio, C. Source, Bioaccumulation, Degradability and Toxicity of Triclosan in Aquatic Environments: A Review. *Environ. Technol. Innov.* 2022, 25, 102122. [CrossRef]
11. Ortiz-Martínez, K.; Vargas-Valentin, D. A.; Hernández-Maldonado, A. J. Adsorption of Contaminants of Emerging Concern from Aqueous Solutions Using Cu²⁺ Amino Grafted SBA-15 Mesoporous Silica: Multicomponent and Metabolites Adsorption. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2018, 57, 6426–6439. [CrossRef]
12. Tan, K. L.; Hameed, B.H. Insight into the Adsorption Kinetics Models for the Removal of Contaminants from Aqueous Solutions. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 2017, 74, 25–48. [CrossRef]
13. Kyzas, G.Z.; Kostoglou, M. Green Adsorbents for Wastewaters: A Critical Review. *Materials* 2014, 7, 333–364. [CrossRef]
14. Huang, Z.; Shen, M.; Liu, J.; Ye, J.; Asefa, T. Facile Synthesis of an Effective G-C₃N₄-Based Catalyst for Advanced Oxidation Processes and Degradation of Organic Compounds. *J. Mater. Chem. A* 2021, 9, 14841–14850. [CrossRef]
15. Peng, J.; Zhang, Y.; Zhang, C.; Miao, D.; Li, J.; Liu, H.; Wang, L.; Gao, S. Removal of Triclosan in a Fenton-like System Mediated by Graphene Oxide: Reaction Kinetics and Ecotoxicity Evaluation. *Sci. Total Environ.* 2019, 673, 726–733. [CrossRef]



16. Bakare, B.F.; Adeyinka, GC Occurrence and Fate of Triclosan and Triclocarban in Selected Wastewater Systems across Durban Metropolis, KwaZulu-Natal, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 6769. [CrossRef]
17. Margaret, S.M.; Paul Winston, A.J.P.; Muthupandi, S.; Shobha, P.; Sagayaraj, P. Enhanced Photocatalytic Degradation of Phenol Using Urchin-Like ZnO Microrod-Reduced Graphene Oxide Composite under Visible-Light Irradiation. *J. Nanomater.* 2021, 2021, e5551148. [CrossRef]
18. Marcos-Hernández, M.; Villagrán, D. Mesoporous Composite Nanomaterials for Dye Removal and Other Applications. In *Composites and Nano-adsorbents: Micro and Nano Technologies*; Kyzas, G. Z., Mitropoulos, A. C., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2019; Chapter 11; pp. 265–293. [CrossRef]
19. Wilson, B.E.; Rudisill, S. G.; Stein, A. Use of a Sacrificial Layer for an Efficient EISA Synthesis of Mesoporous Carbon. *Microporous Mesoporous Mater.* 2014, 197, 174–179. [CrossRef]
20. COVID-19 Impact and Recovery Analysis—Phenol Market 2020–2024|Increasing Demand for Phenol from Developing Economies to Boost Growth|Technavio. Available online: [https://www.businesswire.com/news/home/20200703005198/en/ COVID-19-Impact-and-Recovery-Analysis{-}{-}Phenol-Market-2020-2024-Increasing-Demand -for-Phenol-from-Developing-Economies-to-Boost-Growth-Technavio](https://www.businesswire.com/news/home/20200703005198/en/COVID-19-Impact-and-Recovery-Analysis{-}{-}Phenol-Market-2020-2024-Increasing-Demand-for-Phenol-from-Developing-Economies-to-Boost-Growth-Technavio) (accessed on 25 August 2023).
21. Olaniyan, L.W.B.; Mkwetshana, N.; Okoh, AI Triclosan in Water, Implications for Human and Environmental Health. *Springerplus* 2016, 5, 1639. [CrossRef]
22. Gorenoglu, E.; Aydin, E.; Topuz, E.; Pehlivanoglu-Mantas, E. Effect of Triclosan and Its Photolysis Products on Marine Bacterium *V. fischeri* and Freshwater Alga *R. subcapitata*. *J. Environ. Manag.* 2018, 211, 218–224. [CrossRef]
23. Tatarazako, N.; Ishibashi, H.; Teshima, K.; Kishi, K.; Arizono, K. Effects of Triclosan on Various Aquatic Organisms. *Environ. Sci.* 2004, 11, 133–140.
24. Butler, E.; Whelan, M.J.; Ritz, K.; Sakrabani, R.; van Egmond, R. The Effect of Triclosan on Microbial Community Structure in Three Soils. *Chemosphere* 2012, 89, 1–9. [CrossRef] [PubMed]
25. Zhang, N.S.; Peng, F.-J.; Ying, G. G.; van den Brink, P. J. Fate and Effects of Triclosan in Subtropical River Biofilms. *Aquat. Toxicol.* 2019, 212, 11–19. [CrossRef] [PubMed]
26. Ho, J. C. H.; Hsiao, C. D.; Kawakami, K.; Tse, WKF Triclosan (TCS) Exposure Impairs Lipid Metabolism in Zebrafish Embryos. *Aquat. Toxicol.* 2016, 173, 29–35. [CrossRef] [PubMed]
27. Zorrilla, L.M.; Gibson, E. K.; Jeffay, SC; Crofton, K. M.; Setzer, W. R.; Cooper, R.L.; Stoker, T. E. The Effects of Triclosan on Puberty and Thyroid Hormones in Male Wistar Rats. *Toxicol. Sci.* 2009, 107, 56–64. [CrossRef]
28. *Frontiers*|Triclosan Impairs Hippocampal Synaptic Plasticity and Spatial Memory in Male Rats. Available online: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnmol.2018.00429/full> (accessed on 26 August 2023).
29. Ajao, C.; Andersson, M.A.; Teplova, V.V.; Nagy, S.; Gahmberg, C. G.; Andersson, L.C.; Hautaniemi, M.; Kakasi, B.; Roivainen, M.; Salkinoja-Salonen, M. Mitochondrial Toxicity of Triclosan on Mammalian Cells. *Toxicol. Rep.* 2015, 2, 624–637. [CrossRef] [PubMed]



30. Ho, T.-N.-S.; Nguyen, T.-T.; Pham, T.-H.-T.; Ngo, M.-T.; Le, M.-V. Photocatalytic Degradation of Phenol in Aqueous Solutions Using TiO₂/SiO₂ Composite. Chem. Eng. Trans. 2020, 78, 427–432. [CrossRef]

SU SİSTEMLƏRİNDƏN AĞIR METALLAR VƏ FENOL TÖRƏMƏLƏRİNİN KƏNARLAŞDIRILMASI ÜÇÜN NANOMATERIALLAR

¹Elman Əliyev, ²Rəna Qurbanova, ³İradə Əhmədova

¹“Nanomateriallar və nanotexnologiyalar” elmi-tədqiqat laboratoriyasının direktor müavini, elmancam@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3114-511X>

²Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası kafedrası, dosent, rena06.72@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3487-7797>

³Dosent, ahmadovairada63@gmail.ru//orcid.org/0000-0003-3004-4242

^{1,2,3}Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

XÜLASƏ

Fenol törəmələri müxtəlif sənaye və təbii proseslər nəticəsində tez-tez su sistemlərində mövcud olan üzvi birləşmələr qrupudur. Bu birləşmələr ətraf mühitə və insan sağlamlığına mənfi təsir göstərə bilər ki, bu da onların su sistemlərindən kənarlaşdırılmasını təcili məsələyə çevirir. Son onilliklərdə nanomateriallar su sistemlərindən fenol törəmələrin kənarlaşdırılması sahəsində getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Nanomateriallar yüksək səthi aktivlik, yüksək spesifiklik və fenol birləşmələrinin udma səmərəliliyi kimi unikal xassələrə malikdir. Onlar suyun təmizlənməsi üçün adsorbentlər, katalizatorlar və ya membranlar kimi istifadə edilə bilər. Bu icmal xarakterli məqalə su sistemlərindən fenol törəmələrini kənarlaşdırılması üçün nanomaterialların istifadəsində mövcud irəliləyişləri araşdırır. Səmərəliliyin yüksəlməsi üçün məqalədə karbon nanoborular, qrafen, metal və oksid nanohissəcikləri kimi müxtəlif növ nanomaterialların sintezi və funksionallaşdırılması təsvir edilmişdir. Bundan əlavə, bu sahənin inkişaf perspektivləri və fenol törəmələrinin kənarlaşdırılması üçün nanomaterialların istifadəsi ilə bağlı mümkün problemlər müzakirə olunur. Nanomaterialların ekoloji təhlükəsizliyi, onların biouyğunluğu və istehsal xərcləri ən əhəmiyyətli aspektlərdən biridir. Su sistemlərindən fenol törəmələrinin kənarlaşdırılması üçün nanomateriallar üzrə tədqiqatlar irəliləməkdə davam edir və suyun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına və ətraf mühitin qorunmasına mühüm töhfələr verəcəyini vəd edir.

Açar sözlər: çoxfunksiyalı nanomateriallar; mezoporoz materiallar; triklozan; fenol birləşmələr; yeni çirkləndiricilər; fotokataliz



НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ФЕНОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗ ВОДНЫХ СИСТЕМ

¹Эльман Алиев, ²Рена Гурбанова, ³Ирада Ахмедова

¹"Наноматериалы и нанотехнологии" Заместитель директора научно-исследовательской лаборатории.
elmancam@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3114-511X>

²Кафедра "Химия и технология неорганических веществ", доцент, rena06.72@yandex.ru,
<http://orcid.org/0000-0002-3487-7797>

³Доцент, ahmadovairada63@gmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3004-4242>

^{1,2,3}Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

РЕЗЮМЕ

Фенольные производные представляют собой группу органических соединений, которые часто присутствуют в водных системах в результате различных промышленных и природных процессов. Эти соединения могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, что делает их удаление из водных систем актуальной задачей. В последние десятилетия все большее значение в области удаления фенольных производных из водных систем приобретают наноматериалы. Наноматериалы обладают уникальными свойствами, такими как высокая поверхностная активность, высокая специфичность и эффективность поглощения фенольных соединений. Они могут быть использованы в качестве адсорбентов, катализаторов или мембран для очистки воды. В данной обзорной статье рассматриваются современные достижения в области использования наноматериалов для удаления фенольных производных из водных систем. Описаны различные типы наноматериалов, такие как углеродные нанотрубки, графен, наночастицы металлов и оксидов, а также их синтез и функционализация для повышения эффективности. Кроме того, обсуждаются перспективы развития этого направления и возможные проблемы, связанные с использованием наноматериалов для удаления производных фенола. Важными аспектами являются экологическая безопасность наноматериалов, их биосовместимость и стоимость производства. Исследования наноматериалов для удаления фенольных производных из водных систем продолжают развиваться и обещают внести значительный вклад в улучшение качества воды и защиту окружающей среды.

Ключевые слова: многофункциональные наноматериалы; мезопористые материалы; триклозан; фенольные соединения; новые загрязнители; фотокатализ.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-47

INCREASING THE GASLIFT EFFECTIVENESS BY ADJUSTING MULTIPHASE FLOW HYDRAULIC CHARACTERISTIC

Rufat Mangushev

Azerbaijan State Oil and Industry University, Department of Oil and Gas Engineering, Assistant professor, MEng in Chemical and Petroleum Engineering. <https://orcid.org/0000-0002-3962-5329>, rufat.mangushev@gmail.com

ABSTRACT

Real media that are encountered in hydrocarbon production industry are normally represented by systems, comprised of at least two phases, of which one is dispersed and distributed in another. As it is known, production, gathering, preparation and transport of oil and natural gas are based on multiphase technology, comprised of lifting the hydrocarbons from the formation to the surface, transport to the separation facilities, separation and intrafield transport of multiphase mixtures, consisting of oil, natural gas, formation water and mechanical particles.

This article strives to determine the optimal work regimes of production of gaslift systems based on the relations between production rates and gas pressure in cylindrical flows. Knowing the parameters of the well borehole as well as the parameters of the produced fluid and gas injection rates it is possible to determine the optimal flow regime as a derivative of a function of pressure losses versus production rates ($\Delta P/Q$). This function is called the flow hydraulic characteristic, and it is this function, by optimizing which an optimal flow regime of the gaslift operated well can be achieved.

Estimation the hydraulic characteristic relies heavily on calculation of pressure losses of the gaslift producing well. These losses consist of two independent factors: gravitational and frictional. Frictional pressure losses have linear dependence versus the flow rate, while gravitational losses exhibit an inverse, hyperbolic, correlation to changes in flow rate.

To get the full picture of the pressure loss both aspects must be accurately calculated from the given field data. In order to do so, it is important to estimate real gas content of the multiphase flow, which is a complex function of direction and velocity of the multiphase flow, gas and liquid flow rates, gas slippage, etc.

Once the pressure losses have been calculated it is comparatively simple to optimise the gas flow rate to adjust the hydraulic characteristic, guiding the gaslift production process towards optimal production rates.

Keywords: Gaslift, multiphase flow, pressure losses, joint transport, gas content.

Introduction

This work is theoretically grounded on the experimental research of A.P. Krylov. His research serves as a classic example of methodically complete and sound experimentation on vertical pipeline multiphase flow.

The aim of this article is to using the Krylov's experiments as a baseline modify the methodology for gaslift as opposed to pumping theoretically and at a given set of wells ("28 May" Oil and Gas Production Bureau, object DDO-13) with regard to hydraulic characteristic exclusively and to optimize the multiphase flow through adjusting the hydraulic characteristic of such flow to



achieve more economical and ecologically friendly gas lift production via optimizing the gas flow rates into the well.

Having wellhead pressure at 1 atmospheric pressure, the total energy and pressure losses equal relative dip of the lifting mechanism under the level of liquid hydrostatic equilibrium ($\xi = \xi_0$). The following relation was established for multiphase flow with regard to energy loss versus gas flow rates (fig 1.)

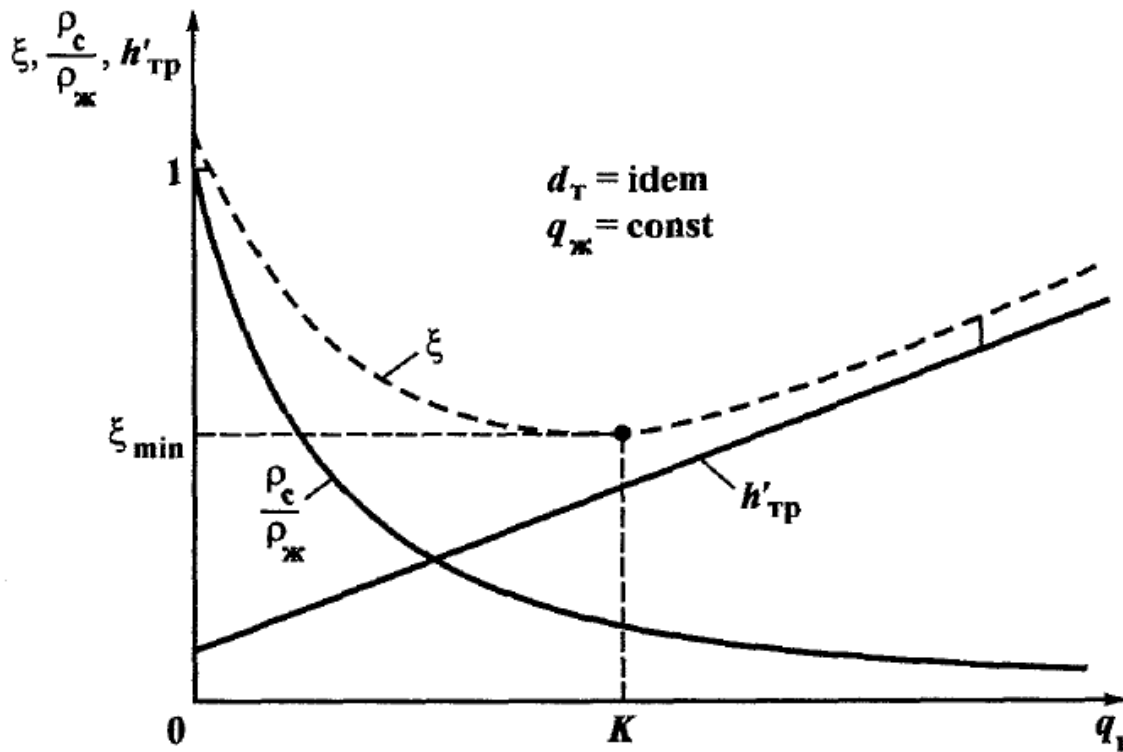


Figure 1. Multiphase flow energy losses vs. gas flow rates at constant diameter and liquid flow rates.

Methodology

Pressure drop due to hydraulic resistance (friction) is a vis-à-vis for energy losses of the Krylov's experiments and for multiphase vertical flow can be determined through the known formula of fluid flow mechanics:

$$\Delta P_f = \lambda_{mixture} * \frac{l}{D} * \frac{\rho_{mixture} v_{mixture}^2}{2} \quad (1)$$

here:

$\lambda_{mixture}$ – multiphase flow hydraulic friction coefficient;

$\rho_{mixture}$ – gas-liquid mixture density;

$v_{mixture}$ – gas-liquid mixture velocity.

Then, Reynold' number of the mixture has to be estimated through:

$$Re_{mixture} = \frac{v_{mixture} * D}{\vartheta_{mixture}} \quad (2)$$

here:

$\vartheta_{mixture}$ – multiphase mixture kinematic viscosity.

Multiphase flow hydraulic friction coefficient depends on the values of Reynold's number, and has separate formulae depending on the flow regime:

For laminar flow at $Re < 2300$:

$$\lambda_{mixture} = \frac{64}{Re_{mixture}} \quad (3)$$

For turbulent flow at $Re > 2300$:

$$\lambda_{mixture} = \frac{1}{(1.81 * \lg Re_{mixture} - 1.5)^2} \quad (4)$$

In order to obtain kinematic velocity, the following relation can be used:

$$\frac{1}{\vartheta_{mixture}} = \frac{\beta}{\vartheta_g} + \frac{1 - \beta}{\vartheta_l} \quad (5)$$

here:

ϑ_g – gas kinematic viscosity;

ϑ_l – liquid kinematic viscosity;

β – volumetric gas liquid ratio.

The volumetric gas liquid ratio (β) is determined thusly:

$$\beta = \frac{Q_g}{Q_g + Q_l} \quad (6)$$

here:

Q_g – volumetric gas flow rate;

Q_l – volumetric liquid flow rate.

Both Q_g and Q_l are evaluated at constant average pressures.

Density of the liquid phase can be determined additively:

$$\rho_l = \rho_w * n_w + \rho_o * (1 - n_w) \quad (7)$$



here:

ρ_w – density of water;

ρ_o – density of oil;

n_w – volumetric fraction of water in the mixture.

Density of the multiphase gas liquid mixture is as well evaluated additively with respect to the true gas liquid ratio (φ):

$$\rho_{mixture} = \rho_l * (1 - \varphi) + \rho_g * \varphi \quad (8)$$

here:

ρ_l – density of liquid at average pressure and temperature;

ρ_g – density of gas at average pressure and temperature.

True gas liquid ratio of a typical multiphase flow is an extremely hard to evaluate both analytically and numerically function of multiphase flow direction, its velocity, gas, and liquid (both oil and water) flow rates, phase slippage, etc. Thus, a simplified method of estimating this true gas liquid ratio was established as a percentage of the flow, i.e. production tubing cross sectional area occupied by the gaseous phase, that can be calculated as a ratio of the gas cross sectional area of a flow divided by the total cross sectional area of the flow:

$$\varphi = \frac{F_g}{F} = \frac{F_g}{F_g + F_l} \quad (9)$$

here:

F – total flow cross sectional area;

F_g – flow cross sectional area occupied by the gaseous phase;

F_l – flow cross sectional area occupied by the liquid phase.

It is obvious from the expression (9) that the cross section occupied by the liquid is determined through simple algebraic operations, and is:

$$F_l = 1 - \varphi \quad (10)$$

Respectively, the average flow velocity can be determined as:

$$v_{mixture} = \frac{Q_g + Q_l}{F} \quad (11)$$

The next step is to determine the pressure drop across the vertical pipe (production tubing). This pressure drop consists of two different in nature pressure drops: frictional pressure drop caused by the viscous forces within the multiphase flow, its friction against the tubing walls and transverse forces that arise in multiphase flow as different flow regimes arise; and gravitational pressure drop.

In a multiphase lift the frictional pressure drop can be calculated through (1). Classic formula is used to calculate the gravitational pressure drop:

$$\Delta P_{gr} = \rho_{mixture} * g * H \quad (12)$$

here:

g – standard acceleration of gravity, $g \approx 9.81$;

H – height (length) of the production tubing.

Combining (6), (9), and (11) it is simple to demonstrate that the following correlation exists between true and volumetric gas liquid ratio for a given multiphase lift depending on the flow velocity:

$$\varphi = \frac{\beta}{1 + 1/v_{mixture}} \quad (13)$$

Considering both frictional and gravitational pressure drops, it now becomes possible to estimate total pressure drop across the production tubing:

$$\Delta P = \lambda_{mixture} * \frac{l}{D} * \frac{\rho_{mixture} * v_{mixture}^2}{2} + \rho_{mixture} * g * H \quad (13)$$

Results

The method was first tried in a theoretical case, followed by a practical calculation for the gaslift assisted oil field “28 May” Oil and Gas Production Bureau, object DDO-13. In the table below the theoretical case data is given:

Table 1. Initial theoretical data.

#	Parameter	Denotation, Units (SI)	Numerical Value
1.	Oil flow rate	Q_o , m ³ /s	0.0015
2.	Water flow rate	Q_w , m ³ /s	0.0005
3.	Gas flow rate	Q_g , m ³ /s	5.6
4.	Oil density	ρ_o , kg/m ³	850
5.	Water density	ρ_w , kg/m ³	1020
6.	Gas density	ρ_g , kg/m ³	0.71
7.	Average pressure	P, MPa	3.8
8.	Average temperature	T, K	305
9.	Length (height) of the production tubing	H (l), m	1800
10.	Diameter of the production tubing	D, mm	96
11.	Dynamic viscosity of liquid	μ_l , Pa*s	$3 \cdot 10^{-2}$
12.	Dynamic viscosity of gas	μ_g , Pa*s	$1.2 \cdot 10^{-5}$

It is vital to reckon that when calculations involve gas flow rates, as gas greatly expands in surface (normal, atmospheric) conditions, the gas flow rate has to be adjusted with respect to both



pressure and temperature in atmospheric (normal) conditions of $P = 1 \text{ atm. } (10^{-1} \text{ MPa})$, and $T = 20^{\circ}\text{C} (273\text{K})$.

To account for that, the following formula is used:

$$Q_{g,n.c.} = \frac{Q_g * P_0 * T}{P * T_0} \quad (14)$$

here:

$Q_{g,n.c.}$ – gas flow rate in normal conditions (10^5 Pa , 273K);

Q_g – gas flow rate in reservoir conditions;

P_0 – atmospheric pressure;

P – average pressure;

T_0 – normal conditions temperature;

T – average temperature.

The calculated parameters are given in the table below:

Table 2. The calculated data.

#	Parameter	Denotation, Units (SI)	Numerical Value
1.	The volumetric gas liquid ratio	β , -	0.98
2.	Production tubing cross sectional area	F , m^2	0.00723
3.	Multiphase flow velocity	V_{mixture} , m/s	23
4.	Density of liquid	ρ_l , kg/m^3	892.5
5.	Density of mixture	ρ_{mixture} , kg/m^3	2.18
6.	Kinematic viscosity of liquid	ν_l , m^2/s	0.00003361
7.	Kinematic viscosity of gas	ν_g , m^2/s	0.0000169
8.	Kinematic viscosity of multiphase mixture	ν_{mixture} , m^2/s	0.0000169
9.	Reynold's number	Re , -	130,322.3
10.	Multiphase flow hydraulic friction coefficient	λ_{mixture} , -	0.01661

It is observed that the flow regime is turbulent, furthermore, at such high values of volumetric gas liquid ratio it is safe to assume that it is mist flow.

The following relations (figures 2, 3, 4) were obtained as a result of the theoretical calculations at volumetric gas liquid ratio $\beta = 0.98$:

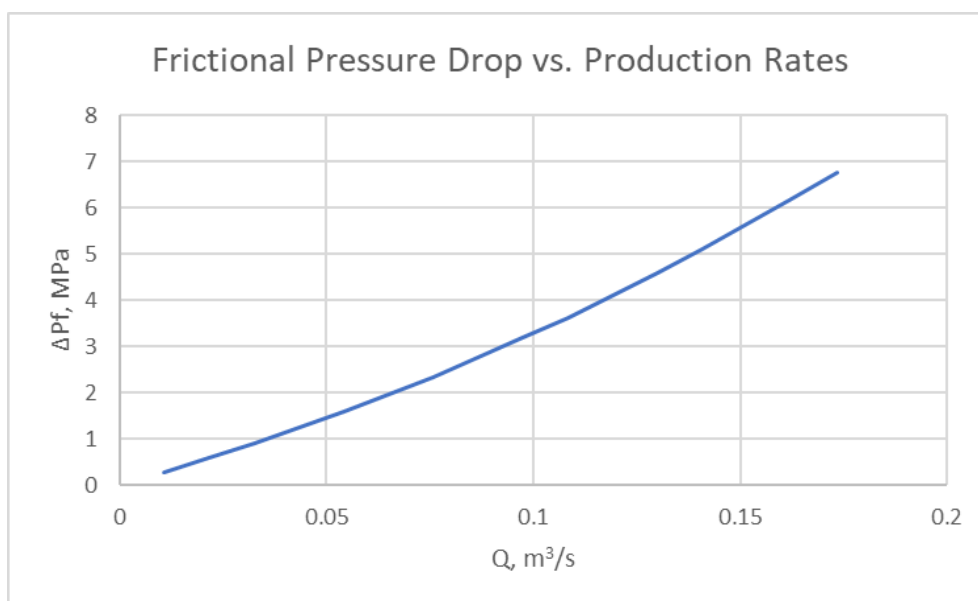


Figure 2. Frictional pressure drop vs. production rates.

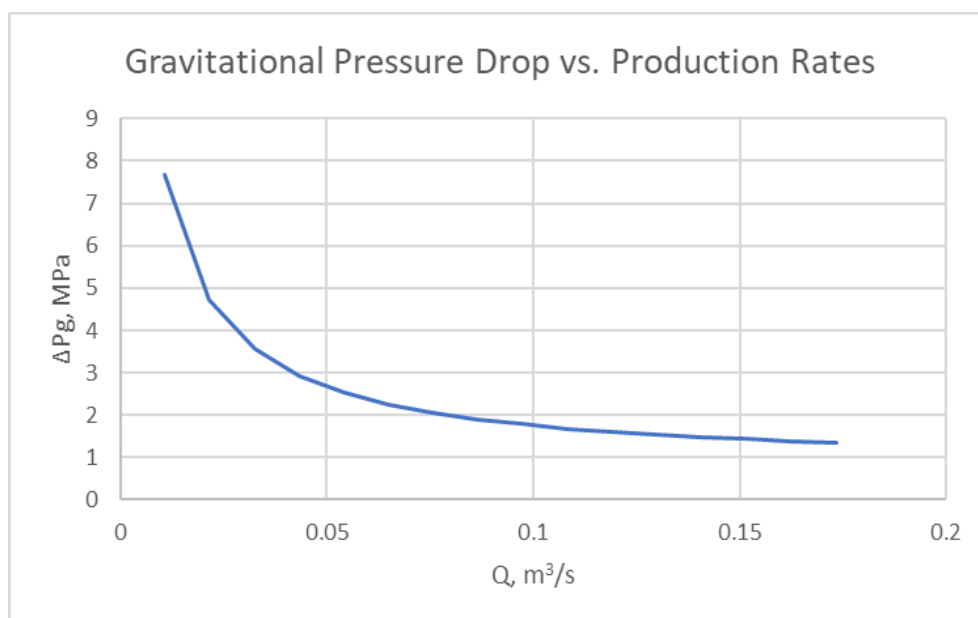


Figure 3. Gravitational pressure drop vs. production rates.

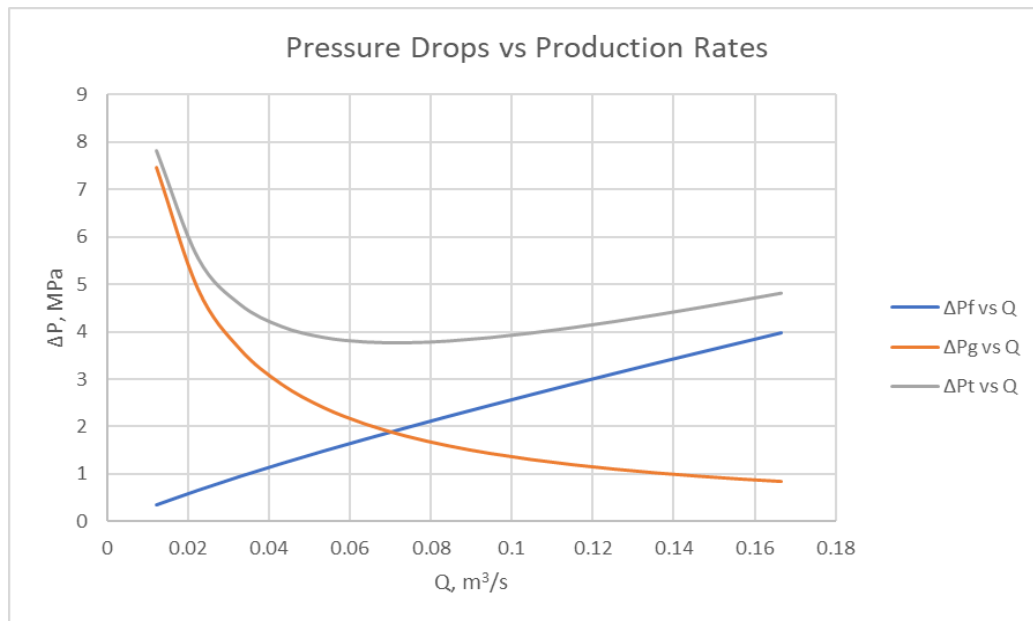


Figure 4. Conjoint pressure drops vs. Production rates curves.

It is evident, that the optimal production regime lies at the intersection of a straight line starting at the beginning of the coordinate grid and going tangentially to the total pressure drop curve, i.e. a derivative of the function $f = \Delta P(Q)$.

Further calculations were conducted at different volumetric gas liquid ratios ranging from $\beta = 0.5$ to $\beta = 0.95$ (figures 5, 6, 7):

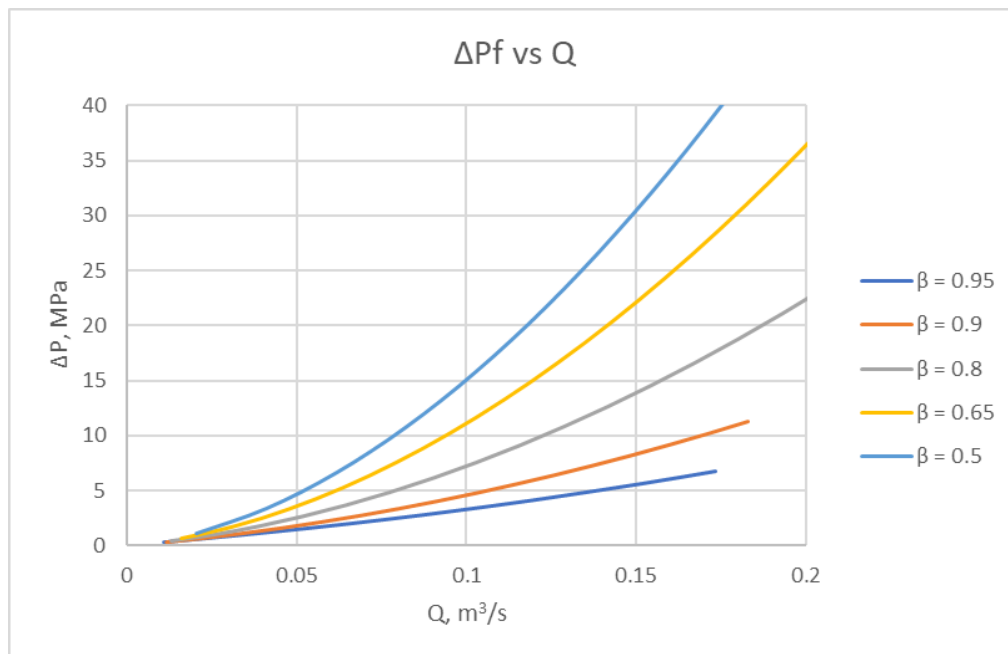


Figure 5. Comparison of frictional pressure drops at various volumetric gas liquid ratios.

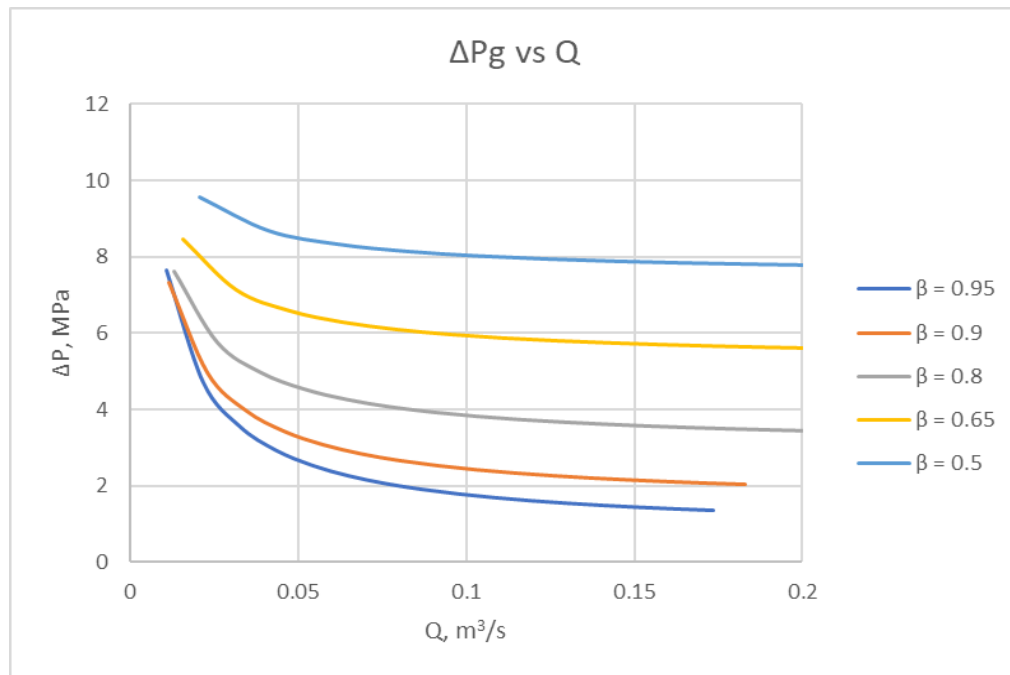


Figure 6. Comparison of gravitational pressure drops at various volumetric gas liquid ratios.

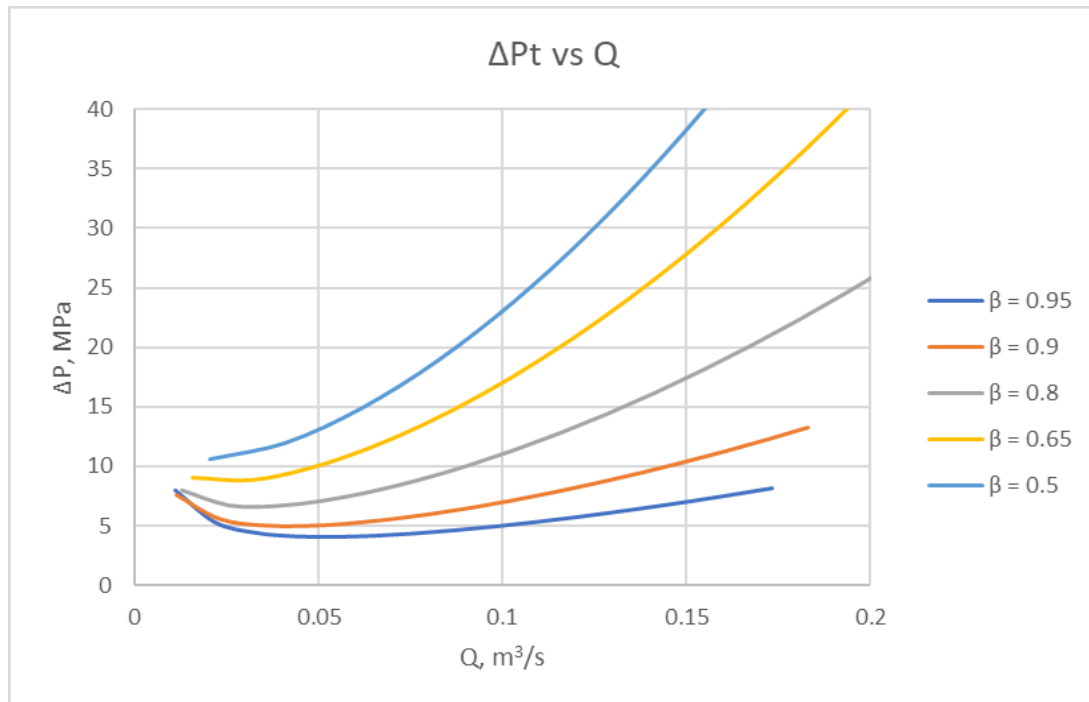


Figure 7. Comparison of total pressure drops at various volumetric gas liquid ratios.

It is evident from the curve that the higher volumetric GLR, the lesser total pressure drop is experienced by the system due to diminishing effect of the frictional losses, however achievement of optimal flow regime comes at slightly higher production rates.

To perform a real-life application of adjustment of multiphase flow hydraulic characteristic, data from “28 May” Oil and Gas Production Bureau, object DDO-13 Northern Block were used. The tabulated data is presented below in table 3.

Table 3. Data for the Northern Block of object DDO-13.

Row	Number of wells	Horizon	Current Regime										Calculated Regime		
			Lift Construction				Pressures, MPa			Daily Production			Daily Production		
			Row 1		Row 2		FP	BHP	WHP	Oil, tons	Water, tons	Gas, m³	Oil, tons	Water, tons	Gas, m³
			D''	H,m	D''	H,m									
1	47	X	2.5	2911	2.5	1998	14	8.1	20/26	48	1	19500	47	2	18500
2	314	X	2.5	2881	2.5	2196	15	7.6	18/21		320	9900	31	0	8600

As can be seen, both rows of the Northern Block of the object DDO-13 operate at injection rates slightly above the calculated theoretical optimum.

Conclusion

1. Method of optimizing multiphase flow through adjusting its hydraulic characteristic is proven to be quite cheap, easy, and reliable to achieve higher productivity of the wells, at the same time sparing additional gas usage, thus reducing environmental impact of the gaslift technology.
2. The higher volumetric GLR, the smaller overall pressure drop is, as frictional pressure drops diminish.
3. At higher VGLR higher gas flow rates are required to achieve the optimum production regime.

REFERENCES

1. Al-Janabi, Mohammed & Al-Fatlawi, Omar. (2022). Gas lift optimization: A review. AIP Conference Proceedings. 2443. 030013. 10.1063/5.0091901.
2. F.B. Ismajylova, S.G. Novruzova. Ob uchete relaksacionnyh svojstv mul'tifaznyh system pri gidravlicheskom rasschete truboprovodov. Izvestiya nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstana 3 (337), fiziko-matematicheskij serial, 2021. p.43-47.
3. Hari Sreenivasan, Jash Patel, Dev Jain, Setu Patel, Isaac Wilson, Shanker Krishna, Optimization of gas lift system for well performance improvement in Asmari formation: A techno-economic perspective, Petroleum Research, 2023, ISSN 2096-2495, <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2023.08.003>.
4. Ismayilov G.Q., Mangushev R.R. “Ob otsenke poperechnoy sily v multifaznyx potokax” Proceedings Of Azerbaijan High Technical Educational Institutions Volume 31 ISSUE 08 2023 E-ISSN: 2674-5224, DOI: 1036962/PAHTEI31082023-156

5. R.A. Ismailov, F.N. Ahundzade. Diagnostirovanie nalichiya zhidkih vlyuchenij v gazoprovodah. Socar Proceedings Special Issue No1(2021) s.156-161. Vliyanie fundamental'nyh nauk na razvitie neftyanoj i gazovoj promyshlennosti.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-65



BUXAR QAZANLARINDA ETIBARLILIĞIN TƏMINİ

Minarə Yusifova

Laboratoriya müdiri, Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Elmi-Tədqiqat İnstitutu,
m.yusifova@azdemtteti.az

XÜLASƏ

Maşın və avadanlıqlarının sıradan çıxmasının əsas səbəbi dəyişən yüklənmələr, yüksək temperatur zonalarında və gərgin vəziyyətdə olan tribotexniki səthlərdə baş verən korroziya və sürtünmə prosesləri ilə bağlı olan dağılmalardır. Yanacaq istilik kompleksinə daxil olan buxar qazanları belə avadanlıqlardan biri olaraq mürəkkəb, böyük patlayış ehtimalı şəraitdə istismar olunurlar və onlarda etibarlılığın təmini vacib məsələlərdən hesab olunur.

Buxar qazanlarından istifadə prosesində etibarlılığın təmini üç mərhələdə reallaşdırılır: layihələndirmə, hazırlanma və istismar proseslərində.

Etibarlılıq istismar prosesi zamanı baş verən hadisə və vəziyyətlə xarakterizə olunur. Burada əsas meyarlar qismində obyektin iş qabiliyyəti, imtina müddəti, sazlığı, saxlanması və b. nəzərdə tutulur.

Açar sözlər: Buxar qazanı, qəza, bina, etibarlılıq, istismar müddəti.

Mövzunun aktuallığı

Etibarlılıq avadanlığın layihələndirmə mərhələsindən başlayaraq son istismar nöqtəsinə qədər daim nəzarət edilən bir prosesdir. Onlardan hər hansı birində edilən cüzi səhv belə maddi vəsaitləri, əmək xərclərini və bütün digər mərhələlərdə sərf olunan vaxt itkilərinin yaranmasına səbəb olur. Burada ilkin terminaloji məlumatlar bazasından istifadə əsasdır.

Obyektin iş qabiliyyəti dedikdə onun texniki sənədlərdə verilmiş funksiyalarını normal yerinə yetirmə qabiliyyəti nəzərdə tutulur. Məsələn, vaxtından əvvəl yeyilmə və dağılma proseslərinin baş verməsi, konstruksiyanın iş funksiyasının pozulması və s.

Sazlıq - məmulun vəziyyəti olub, əsas tələblərlə yanaşı köməkçi tələblərə də cavab verməlidir. Saz məmul mütləq iş qabiliyyətlidir. Nasazlıq – məmulun texniki parametrlərdən ən azı birinin sənəddə olan tələblərə uyğun gəlməyən vəziyyətidir. İmtina – iş qabiliyyətinin tamamilə itirilməsi hadisəsidir. İmtinalar fiziki təbiətinə uyğun olaraq, detalın və ya onun səthinin dağılması ilə əlaqəli ola (normal yeyilmə, ovulma, korroziyadan köhnəlmə) və ya olmaya bilər (yanacaq kanalının tutulması, birləşmələrdə kipləndirmənin və ya sıxılmanın boşalması, elektrik kontaktlarının çirklənməsi və ya boşalması).

Tədqiqat işinin məqsədi. Buxar qazanlarında baş verən imtina səbəblərinin araşdırılması və onların aradan qaldırılması ilə bağlı tövsiyələrin işlənməsi.

Problemin tədqiq olunma səviyyəsi. Qazanlar istismar şəraitində aşağıdakı vəziyyətlərdə ola bilərlər: tam işlək, tam işləməyən, qismən işləyən və ya (alternativi) qismən işləməyən. Vəziyyəti dəyişdirən hadisələrin sayı son dərəcə yüksəkdir. Bununla birlikdə, hər zaman hər birini nəzərdən keçirməyə ehtiyac yoxdur. Hadisələrin nəticələrinin təbiətinə görə ümumiləşdirilməsi və qruplaşdırılması mümkündür. Bu prinsipdən istifadə edərək, fundamental və tətbiqi problemləri həll etmək üçün hər hansı bir obyektin, texnoloji prosesin, işləyən sistemin və maddi istehsal sahəsində, o cümlədən istilik enerjisi sahəsində olan digər vasitələrin etibarlılığını qiymətləndirərkən əsas meyarlardan biri olan "uğursuzluq" anlayışı tətbiq edilmişdir.

Ümumiləşdirilmiş formada imtina obyektin işlək vəziyyətinin pozulmasından ibarət bir hadisə kimi şərh olunur. Bütövlükdə bir obyekt, tək bir element və ya eyni elementlər qrupları spesifik imtina əlamətləri ilə xarakterizə olunur. Qazan üçün bu, sobanın işinin dayandırılması, yükün məcburi boşaldılması və gücün təcili rejimə keçirilməsi, boru kəmərlərinin, kollektorların, barabanların qaynaqlanmış birləşmələrində-çatların, sızmaların və digər elementlərin olmasındandır. Bəzi imtinalardan əvvəl zərər gəlir. Texniki və iqtisadi parametrlərdən ən azı birinin elmi və texnoloji tərəqqidə və ya dizayn sənədlərində göstərilən dəyərdən sapması nəticəsində yaranan ziyan meydana gəldikdə, qazan səhv hesab olunur.

Buxar qazanlarında baş verən imtinalar ümumiləşmiş şəkildə konstruktiv hissə və düyünlərin hazırlanmasında material seçimi və istismar təlimatına nəzarətin səviyyəsi ilə müəyyən edilir.

Eyni markalı qazanlar əsasən eyni quruluşa malikdir, lakin fərqli texnoloji (buxar və qızdırıcı) prosesə malikdir, buna görə də potensial olaraq fərqli hesab etmək olar. Bu fenomen əməliyyat zamanı etibarlılıq göstəricilərinin müxtəlif dəyərlərində əks olunur.

Etibarlılıq və dayanıqlığın təbiətinə görə, başlanğıcdan son vəziyyətin başlanmasına qədər əməliyyat prosesi üç xarakterik işə bölünə bilər: işləmə, normal işləmə, köhnəlmə.

İşləmə dövründə imtina axını parametri böyük olur. Bunun səbəbi, qazan işə salındıqdan sonra istehsalda aşkarlanmayan bəzi gizli qüsurların və zərərlərin (risklər, gün batması, boru divarlarının incəlməsi, tökmə qüsurları və s.) sürətlə inkişaf etməsidir. Nəticədə hissənin və ya montajın gücü kəskin şəkildə azalır. Polad qazanalara istilik səthlərinin boruları və qaynaqlanmış birləşmələri ən böyük ziyan verir.

Buxar qazanının işçi vəziyyətindən işləməyən vəziyyətə keçidi ümumiyyətlə hadisə adlanır.

Etibarlılığı qiymətləndirərkən vəziyyətləri və hadisələri kəmiyyət və keyfiyyətə müəyyənləşdirmək lazımdır. Bu kateqoriyalar arasında məntiqi əlaqələr var (bax şəkil 1).

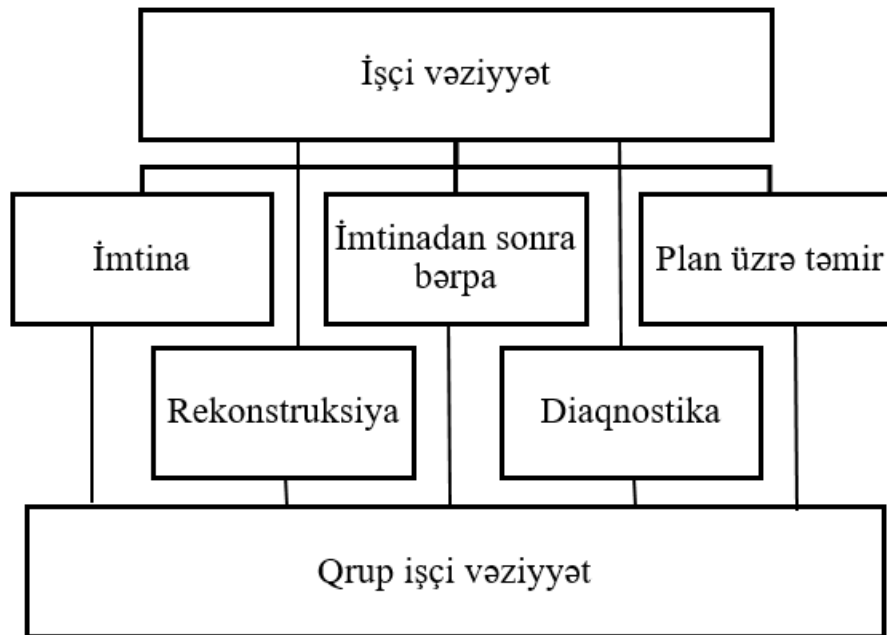
Normal istismar dövründə imtinalar əsasən istismar işçilərinin günahı, təmirin keyfiyyətsiz olması və ya dizayn qüsurları səbəbindən baş verir. Zavod zədələnməsi və qüsurları nadir hallarda baş verir. Dizayn çatışmazlıqları, inkişaf etmiş konvektiv istilik səthləri olan yanacaq yağı yandıran polad isti su qazanları üçün ən xarakterikdir.

Müddəti bir çox amillərdən asılı olan vaxt intervalında fiziki-kimyəvi proseslərin təsiri altında ziyan yığılır. Böyük vaxt fasilələri ilə zərərin yığılması artan qeyri-xətti xarakter alır. Bu andan etibarən normal işləmə müddəti başa çatır və köhnəlmə dövrü başlayır.

Etibarlılığın iqtisadi meyarları qazanxana avadanlıqlarının nasazlığı, buxar və isti suyun düzgün buraxılmaması nəticəsində yaranan ziyan, habelə dizayn və super layihə mənbəyini təmin etmək üçün təmir xərclərinin artmasıdır. Qazanların vəziyyəti əsasən iki istiqamətdə qiymətləndirilir. Bir halda, layihə tərəfindən göstərilən texnoloji funksiyaların həyata keçirilməsi xarakterizə olunur, yəni iş nəzarət olunur; digərində-buxar və isti su istehsalı texnologiyasına uyğun proseslərin yaratdığı aşınma, yəni avadanlıqların vəziyyəti.

Qazanların texnoloji funksiyalarını və vəziyyətini qiymətləndirmədən istismar təhlükəsizliyini təmin etmək mümkün deyil. Qazanın işinə nəzarət standart ölçü cihazları ilə iş parametrlərinin ölçülməsi vasitəsilə həyata keçirilir.

Bütün təzahürlərində aşınmanın qiymətləndirilməsi, bir qayda olaraq, standart olmayan cihazlarda aparılır. Onların dəsti, tətbiq üsulları və ölçmə həcmi tapşırıqlarla müəyyən edilir. Ölçmə vasitələrindən istifadə, nəticələrin işlənməsi üçün metodların tətbiqi məcmusu qəbul edilmiş terminologiyaya görə diaqnostika adlanan vahid bir kompleksə bağlanır.



Şəkil 1. Etibarlılıq kateqoriyaları

Qazanın dizaynından, yanacaq növündən, iş mühitinin parametrlərindən, işləmə müddətindən, polad tipindən, iş rejimlərindən asılı olaraq diaqnostikanın həcmi, ölçü alətlərinin çeşidi və vəziyyətin qiymətləndirilməsi metodologiyası dəyişir.

Vəziyyətin qiymətləndirilməsi iki üsulla aparılır. Birincisi, daha sadə bir şəkildə, diaqnoz qoyulan qazanın, xarakterik ən çox zədələnmiş hissələrini (elementlərini), habelə göstərilən avadanlıqların texniki istismarı qaydalarını bilən bir mütəxəssis tərəfindən aparılmalı olan vizual yoxlama aparılır.

İkinci üsulda alətlər və qurğular istifadə olunur. Vizual nəzarət metodunun dezavantajları bir sıra vacib amilləri əhatə etməlidir. Əlçatmaz yerlərdə (boruların, dıblərin daxili səthində, bir sıra digər hissələrdə) yerləşən qüsurlar haqqında məlumat əldə etmək mümkün deyil, bölmə boyunca metal və qaynaqlanmış birləşmələrin zədələnməsini qiymətləndirmək, qeyri-metal daxilolmalarla tıxanmasını öyrənmək, quruluşu, kimyəvi tərkibi və fiziki xüsusiyyətləri haqqında məlumat əldə etmək mümkün deyil və s. Vizual müayinə yalnız böyük qüsurları aşkar edir, bəzi hallarda dərhal qərar qəbul edə bilərsiniz.

Tədqiqatların nəticələri və onların müzakirəsi

Müəyyən edilmişdir ki, Buxar Qazanlarında baş verən imtina və qəzaların ən çox yayılmış səbəbləri bunlardır: yanacağın partlaması, suyun səviyyəsinin aşağı düşməsi, suyun təmizlənməsinin çatışmazlıqları, qazan suyunun çirkənməsi, təmizlənmə texnologiyasının pozulması, istiləşmə qaydalarına əməl edilməməsi, boruların mexaniki zədələnməsi, həddindən artıq məcburetmə, uyğun olmayan şəraitdə saxlama.

ƏDƏBİYYAT

1. Babayev S.G., Gabibov I.A., Melikov R.KH. Osnovy teorii nadezhnosti neftepromyslovogo oborudovaniya. // Baku; izd. AGUNP, -2015, - 400s.
2. Larochkina N.M., Derunov A.N., Danilov V.N., Muravskaya I.I. Effektivnyye metody preduprezhdeniya avariyy parovykh kotlov // Sovremennaya tekhnika i tekhnologii. 2016. № 2 [Elektronnyy resurs].
URL: <https://technology.snauka.ru/2016/02/9535>. (data obrashcheniya: 13.07.2023).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ В ПАРОВЫХ КОТЛАХ

Минара Юсифова

Заведующий лабораторией Азербайджанского Государственного Научно-Исследовательского Института Охраны Труда и Техники Безопасности, m.yusifova@azdemtteti.az,

РЕЗЮМЕ

Основной причиной выхода из строя машин и оборудования являются поломки, связанные с изменением нагрузок, процессами коррозии и трения, возникающими в зонах высоких температур и на триботехнических поверхностях, находящихся под напряжением.

В качестве одного из таких устройств паровые котлы, входящие в комплекс подогрева топлива, эксплуатируются в сложных, потенциально взрывоопасных условиях, и обеспечение их надежности считается одним из важнейших вопросов.

Обеспечение надежности в процессе эксплуатации паровых котлов осуществляется в три этапа: в процессах проектирования, изготовления и эксплуатации.

Надежность характеризуется событием и ситуацией, возникающими в процессе эксплуатации. Здесь основным критерием является работоспособность объекта в части, срок его отказа, срок годности, хранения и т.д.

Ключевые слова. Паровой котел, авария, здание, надежность, срок службы.

ENSURING RELIABILITY IN STEAM BOILERS

Minara Yusifova

Head of laboratory, Azerbaijan State Scientific-Research Institute of Occupational Safety and Health Techniques, m.yusifova@azdemtteti.az,

ABSTRACT

The main reason for the failure of machinery and equipment is due to variable overloads, spills caused by corrosion and friction processes occurring on tribotechnical surfaces in conditions in high temperature zones. Steam boilers included in the fuel heating complex are one of such equipment, they are operated in complex, large explosion-prone conditions, and ensuring their reliability is considered one of the important issues.



Ensuring reliability in the process of using steam boilers is carried out in three stages: in the design, preparation and operation processes.

Reliability is characterized by the event and situation that occurs during the operation process. Here, the main criteria are the working capacity of the object, the period of refusal, its stability, storage, etc.

Keywords: Steam boiler, breakdown, reliability, service life.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-76

BORU KƏMƏRLƏRİNDƏKİ QÜSURLARIN-ZƏDƏLƏRİN TƏYİN EDİLMƏ METODLARININ TƏDQIQI

¹Saməddin Qəhrəmanov, ²Qurban Məmmədov, Natavan Məmmədova

²Baş mühəndis, s.gahramanov@azdemtteti.az

²Elektrotexniki avadanlığın təhlükəsizliyi və süni işıqlandırma laboratoriyasının müdiri, g.mammadov@azdemtteti.az

³Elektrotexniki avadanlığın təhlükəsizliyi və süni işıqlandırma laboratoriyasının mühəndisi, nt.mammadova@azdemtteti.az

^{1,2,3}Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Elmi-Tədqiqat İnstitutu.

XÜLASƏ

Məqalədə boru kəmərlərindəki qüsurların və korroziya yerlərinin dağıdıcı olmayan nəzarət üsulları ilə təyin edilməsi metodları təhlil edilməklə hər bir metodun üstünlükləri və çatışmazlıqları verilmiş, bunun üçün istiqamətlənmiş ultrasəs dalğalardan istifadə edilməsi məqsəduyğun hesab edilmişdir.

Açar sözlər: boru kəmərləri, qüsurlar, korroziya, obyekt, nəzarət, dağıdıcı olmayan nəzarət, metod

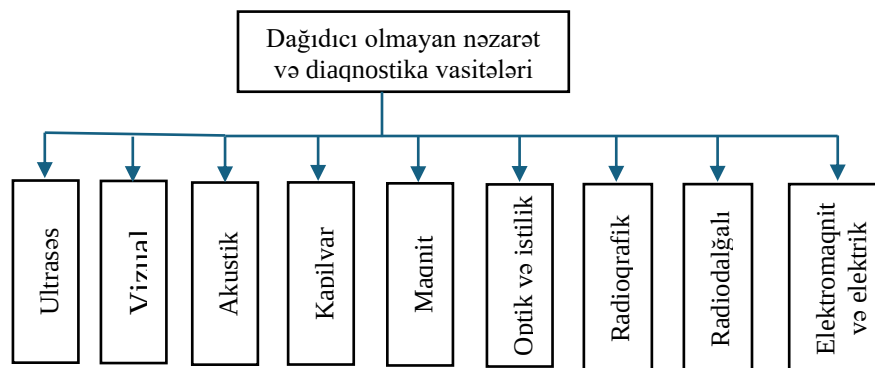
Aktuallıq

Boruların daxili və xarici səthlərinin diaqnostikası zamanı aşkarlanan zədələr onların zavod tərəfindən buraxılan zay materialdan hazırlanmasından və ən çox xarakterik olan trasın oxunun layihə istiqamətindən fərqlənməsi nəticəsində borunun eninə profilinin dəyişməsi ilə onun gövdəsinin konstruksiyasının və yaxud ayrı-ayrı elementlərinin qaynaqlarının mexaniki dağılmasıdır. Əgər vaxtında tədbirlər görülməsə, bu əsasən qaynaq edilmiş böyük diametrlili borularda ciddi dağılmalara səbəb olur.

Boru kəmərlərində yaranan gərginliklərin və deformasiyaların ölçülməsi üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunur: dağıdıcı, az (qismən) dağıdıcı, dağıdılmadan, dolay.

Dağıdıcı olmayan nəzarət metodlarının əsasını fiziki sahə və ya maddənin nəzarət olunan obyektə qarşılıqlı təsir proseslərinə əsaslanır. Qarşılıqlı təsir elə olmalıdır ki, obyektin nəzarət olunan keyfiyyət parametrləri sahənin və ya maddənin vəziyyəyində kifayət qədər dəyişikliklərə səbəb olsun. İlk informasiyanın alınması tətbiq olunan vericinin və ya maddənin növü ilə müəyyən olunur, hansı ki, sahənin və maddənin ilk informativ parametrlərini - signalın amplitudasını, onun yayılma müddətini, maddənin miqdarını və s.-ni ölçmək və qeyd etmək üçün istifadə olunur. İlk informativ parametrlərin qiymətlərinin dəyişmələri nəzarət olunan obyektin qeyri biricinsliyi (kimyəvi tərkibi, mexaniki xassəsi) ilə əlaqədardır [1].

Dağıdıcı olmayan nəzarət metodlarına ultrasəs, maqnit, elektrik, burulğanlı cərəyan, radiodalğa, istilik, optik, radioqrafiya, akustik və nüfuzedici maddələr aiddir. Hər bir Dağıdıcı olmayan nəzarət növü aşağıdakı meyarlara görə təsnif edilən metodlardan istifadə etməklə həyata keçirilir: fiziki sahələrin və ya maddələrin nəzarət olunan obyektə qarşılıqlı təsirinin xarakteri, ilk informativ parametrlər və ilk məlumatların əldə olunması metodları. Təsnifata uyğun olaraq, bütün dağıdıcı olmayan nəzarət və diaqnostika vasitələri yeddi qrupa bölünür (şəkil 1).



Şəkil 1. Dağıdıcı olmayan nəzarət metodları.

İşin məqsədi

Boru kəmərlərindəki qüsurların-zədələrin təyin edilməsində istifadə olunan mövcud metodlarının tədqiqi.

Boru kəmərlərindəki qüsurların aşkarlanması və ya onlara nəzarət üçün hər hansı ölçmə vasitəsindən istifadə olunmasının təyin edilməsi onlarda tətbiq olunan metodun xarakteristikaları ilə müəyyən olunur. Bu baxımdan aşağıda dağıdıcı olmayan nəzarətdə tətbiq olunan metodların əsas xarakteristikaları tədqiq edilmişdir [2].

Vizual və ölçmə ilə nəzarət

Nəzarət obyektinin işıqlandırılması ilə ölçmə vasitələrinin tətbiqi dağıdıcı olmayan nəzarətin əsasını təşkil etsə də məqsədəuyğun hesab edilmir.

Üstünlükləri: ucuz olması, cəld işləməsi, əlavə materiallardan istifadə olunmaması informativliyi, sadə ölçmə vasitələrinin istifadə olunması, sadə yoxlamaq və ölçmənin təkrar aparılması.

Çatışmazlıqları: insan faktorunun nəticəyə 100% təsiri, alınmış nəticələrin dəqiqliyinin aşağı olması, subyektivliyi, yalnız böyük qüsurların aşkarlanmasında istifadə olunması və mümkün qüsurların mövcudluğuna şübhə ilə yanaşma.

Maqnit nəzarəti

Maqnit sahəsinin nəzarət olunan obyektə qarşılıqlı təsirinin təhlilinə əsaslanır.

Üstünlükləri: nəzarətin sadə və baxımlı olması, istənilən formalı məmulatlar üçün metodun tətbiqi.

Çatışmazlıqları: nəzarətdən sonra məmulatların maqnitsizləşdirilməsi, səthdə yanıqların əmələ gəlməsi.

Metod əvvəldən obyektin maqnitlənməsini tələb edir. Bu zaman qüsurun üzərində özünün kənarlarında maqnit qütbləri olan sahə yaranır. Bu metodun geniş yayılmış növlərindən biri də maqnit-toz metodudur.

Elektrik nəzarəti

Metalda səthi çatların dərinliyini ölçmək üçün nəzərdə tutulub. İzolyasiyanın deşilmə yerlərini də təyin etməyə imkan verir.

Üstünlükləri: dielektriklərə və keçiricilərə nəzarət etmək üçün yararlıdır, geniş tətbiq sahəsinə malikdir – materialların kimyəvi tərkibinə nəzarət, bütövlüyün mövcudluğu, dənəvər materialların

nəmliyini, keçirici təbəqənin qalınlığını, keçiricinin səthi yaxınlığında bütövlüyün mövcudluğu, tədqiq olunan mühitin xarakteristikalarının ölçülməsi.

Çatışmazlıqları: nəzarət olunan obyektin cərəyan keçirici materiallardan hazırlanması, nəzarət olunan obyektə təmasda olmasının vacibliyi, məmulatın səthinin təmizliyinə sərt tələbatlar, ölçmə proseslərinin avtomatlaşdırılmasının mürəkkəbliyi, ölçmə nəticələrinin ətraf mühitin vəziyyətindən asılılığı.

Burulğanlı nəzarət

Burulğan cərəyanlı çeviricinin elektromaqnit sahəsinin nəzarət olunan obyektə yaratdığı burulğan cərəyanla qarşılıqlı təsirin təhlilinə əsaslanır.

Üstünlükləri: təmas mühitinin tələb olunmaması, yüksək məhsuldarlıq, burulğan cərəyanların təmassız yaradılması, nəticələri yüksək sürətlə qeyd etməklə nəzarətin və avtomatlaşdırmanın mümkünlüyü, daxili səthlərə nəzarətin mümkünlüyü, nəzarətin qeyri-metal örtüklə yerinə yetirilməsinin mümkünlüyü.

Çatışmazlıqları: maneə fonunda faydalı siqnalın ayrılmasının çətinliyi, nəzarət nəticələrinin görünməməsi

Radiodalğalı nəzarət

Radiodiapazonlu elektromaqnit dalğalarının nəzarət olunan obyektə qarşılıqlı təsiri zamanı parametrlərin dəyişməsinin qeyd edilməsinə əsaslanır.

Üstünlükləri: radiodalğaların fasiləsiz rejimdə şüalanmasının realizasiyası radioavadanlıq kifayət qədər sadələşdirməyə, tədqiq olunan metal daxilolmaların torpaqlanmasına və metal daxilolmaların dərinliyini avtomatik müəyyən etməyə imkan verir, obyektə ikitərəfli daxilolmanı tələb etmir.

Çatışmazlıqları: şüalandırıcı və qəbuledici antenaların maksimal koaksial yerləşmələri obyektə ikitərəfli daxil olmanı tələb edir, metal daxilolmaların dərinliyini müəyyən etməyə imkan vermir, torpaqlanmış metal daxilolmalar radiodalğaların zəif əks olunmasını təmin edir.

İstilik nəzarəti

Nəzarət olunan obyektin qüsurları nəticəsində yaranan istilik sahələrinin təhlilinə əsaslanır.

Üstünlükləri: məsafədən və istismar prosesində obyektə nəzarətin mümkünlüyü, operatoru yüksək temperatur zonasından çıxarmaq imkanının olması.

Çatışmazlıqları: avadanlığın bəha olması.

Optik nəzarət

Nəzarət olunan obyektə qarşılıqlı təsirdən sonra və yaxud tədqiq olunan obyektin məxsusi optik şüalanmalarının parametrlərinin qeyd edilməsinə əsaslanır.

Üstünlükləri: qüsurun maksimum kontrastlığının təmin edilməsi, işıqlanma və müşahidə bucaqlarını, mənbənin spektrini və intensivliyini və həmçinin işığın polyarlaşma vəziyyəti və koherentlik dərəcəsi seçilməklə təmin edilməsi.

Çatışmazlıqları: zərərli şüalanma, temperatura və ya kimyəvi mühitə nəzarət üçün təhlükə yaratdığı və ya nəzarət olunan obyektin konfigurasiyası onu birbaşa nəzarət etməyə imkan vermədiyi hallarda televiziya və işıqlandırma qurğuları daxil olmaqla uzaqdan optik nəzarət kompleksindən istifadə olunması.

Radioqrafik nəzarət

Nəzarət olunan obyektə qarşılıqlı təsirdən sonra nüfuz edən ionlaşdırıcı şüalanmanın parametrlərinə əsaslanır.

Üstünlükləri: yoxlama nəticələrinin görünməsi. Ultrasəsle aşkarlanmayan kiçik dairəvi qüsurların (məsamələrin) etibarlı müəyyən edilməsi.

Çatışmazlıqları: radiasiyalı şüalanma mənbəyinin olması. Avadanlığın portativ olmaması. Rentgen şüalanma mənbəyinin böyük enerji istehlakına malik olması. Ən təhlükəli müstəvi qüsurlarının müəyyən edilməsinin qeyri mümkünlüyü.

Akustik nəzarət

Nəzarət olunan obyektə həyəcanlanan və yaranan elastik dalğaların parametrlərinin təhlilinə əsaslanır.

Üstünlükləri: Yalnız inkişaf edən qüsurların aşkar edilməsini və qeydiyyatını təmin edir ki, bu da qüsurların ölçülərinə görə deyil, təhlükə dərəcəsinə görə təsnif etməyə imkan verir. Bir millimetrin onda biri qədər çatlaq artımlarını müəyyən etməyə imkan verir. Obyektin səthində tərpənməz quraşdırılmış bir və bir neçə sensordan istifadə edərək bütün obyektə nəzarət edilməsini təmin edir. Müxtəlif texnoloji proseslərə və materialların xassələrinin və vəziyyətinin dəyişməsi proseslərinə nəzarət etməyə imkan verir. Qüsurun mövqeyi və istiqaməti onun aşkar edilməsinə təsir göstərmir. 1-dən 50 mm-ə qədər qalınlıqları $\pm 0,001$ mm dəqiqliklə ölçməyə imkan verir.

Çatışmazlıqları: şüalandırıcı və qəbuledicinin koaksial yerləşdirilməsi ilə əlaqədar obyektə ikitərəfli giriş tələb edir. Qüsurların dərinliyini təyin etməyə imkan vermir [3].

Vibroakustik nəzarət

Nəzarət olunan obyektin istismarı zamanı baş verən vibroakustik signalın parametrlərinin qeyd edilməsinə əsaslanır.

Üstünlükləri: avadanlığın vəziyyətindəki dəyişmələrə vibrosignal ani reaksiya verir. Qüsurların dislokasiya yerlərində rəqslərin yaranması və lokallaşdırılması. Vibrasiyanın yüksək informativliyi. Gizli və ən erkən mərhələdə olan sapmaları müəyyən etmək bacarığı. İstehsal proseslərini dayandırmağa, həmçinin avadanlığın yığılması və sökülməsinə ehtiyac yoxdur. Nəzarət prosedurlarının yerinə yetirilməsinə minimum vaxt sərf olunur.

Çatışmazlıqları: metoddan istifadənin ikin mərhələsində yanlış diaqnozlar səbəbindən məhsulun istismardan çıxarılması ehtimalı. Metoddan istifadənin ikin mərhələsində bəzi etibarsız məhsulların sonrakı istismarına icazə vermək imkanı. Xüsusi qüsurların diaqnostikası üçün metod və vasitələrin işlənilib hazırlanması üçün mürəkkəb və vaxt aparan tədqiqatların aparılması zərurəti. Sensorun quraşdırılması metoduna ciddi əlavə tələblər. Vibrasiya signalının ayrılmasında çətinliklər.

Nüfuzedici maddələrlə nəzarət

Nəzarət olunan obyektin qüsurlarının boşluqlarına maddələrin nüfuz etməsinə əsaslanır.

Üstünlükləri: çox kiçik qüsurların aşkarlanması. Yoxlamanın sadəliyi və aydınlığı. Müxtəlif formalı obyektlərin yoxlanılması imkanı.

Çatışmazlıqları: səthdən qoruyucu örtükləri, sürtkü yağlarını və digər çirkləndiriciləri çıxarmaq ehtiyacı.

Boru kəmərlərinin ekspress diaqnostikası

Hal-hazırda yeraltı və yerüstü boru kəmərlərində, şaquli, boya və izolyasiya örtüklü borularda korroziyanı və qüsurları tez aşkar etmək üçün ekspress diaqnostika sistemindən istifadə olunur. Bu texnologiyadan istifadə etməklə boru estakadaların, dayaqların və sıxaqların korroziya və qüsurların monitorinqini yerinə yetirmək olar. Ekspress diaqnostika boruların izolyasiya və boyalı örtüklərin təmizlənməsini tələb etmir. Sistemdə tətbiq olunan metod istiqamətlənmiş dalğa metodu adlanır. Bu metod yoxlama xərclərini kifayət qədər azaltmaqla yanaşı əlçatmaz yerlərdə yerləşən boru kəmərlərinin monitorinqi üçün optimal həldir.

İstiqamətlənmiş ultrasəs dalğa metodu dağıdıcı olmayan nəzarət metodlarından biri olub boruların daxili və xarici səthlərindəki korroziya mənbələrini və müxtəlif mexaniki zədələri aşkar etməyə imkan verir. Vericilərin birbaşa altında yerləşən boru hissəsini skanlayan ənənəvi ultrasəs nəzarətdən fərqli olaraq istiqamətlənmiş dalğalar bir nöqtədə bir dəfə ölçmə aparmaqla boru kəmərinin onlarla metrə nəzarəti təmin edir. Bundan sonra nəticələr göstərici şəbəkəyə daxil edilir. Dağıdıcı olmayan nəzarətin digər metodları ilə birlikdə istiqamətlənmiş ultrasəs dalğa texnologiyası səmərəli təhlilə və keyfiyyətli nəticələrin alınmasına imkan verir.

Metodun üstünlüklərinə aşağıdakılar aiddir:

- çeviricilər yerləşən halqadan onlarla metr məsafədə yerləşən boru hissəsini ani və yüksək sürətlə yoxlamağa və nəticələri əks etməyə imkan verir;
- boru kəmərinin izolyasiyanı və boya örtüyünü təmizləmədən nəzarətin aparılması. Bu işə yoxlamağa sərf olunan müddəti və xərcləri kifayət qədər azaltmağa imkan verir;
- boru divarlarının vəziyyətinə 100%-li nəzarət;
- yüksək informativlik və avtonom nəzarət;
- boru kəmərlərinin istismardan çıxarılmadan yoxlanılması [4].

Əsas nəticələr

Beləliklə, lazım olan funksiyalar və komponentlərlə təchiz olunmuş Olympus UltraWave LRT sistemi boru kəmərlərindəki qüsurların aşkar edilməsinin səmərəli həlli qismində tətbiqi tövsiyyə olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Nerazrushayushchiy kontrol' i diagnostika: Spravochnik / Pod red. Klyuyeva V.V. M.: Mashinostroyeniye, 2005. 656 s.
2. Florin, New and reliable method for non-destructive and non-contact testing of thermal spray coatings, Insight Vol. 42, No 9, September 2000, pp. 606-607.
3. C. Babu Rao, Studies on laser scattering to characterise surfaces, Ph.D Thesis, Submitted to Madras University, 2000.
4. Ul'trazvukovoy defektoskop UltraWave LRT. <https://techkontrol.ru/defektoskopy/ultrazvukovoye-defektoskopy/ultrazvukovoj-defektoskop-ultrawave-lrt/>

RESEARCH OF METHODS OF DETERMINATION OF DEFECTS-DAMAGES IN PIPELINES

¹Sameddin Gahramanov, ²Mammadov Gurban, ³Natavan Mammadova

¹Chief Engineer, s.gahramanov@azdemtteti.az

²Head of Laboratory, g.mammadov@azdemtteti.az

³Engineer, nt.mammadova@azdemtteti.az

^{2,3}Safety of electrotechnical equipment and artificial lighting laboratory,

^{1,2,3}Azerbaijan State research institute of occupational health and safety technology

ABSTRACT

In the article, the methods of determining defects and corrosion places in pipelines by non-destructive control methods are analyzed, the advantages and disadvantages of each method are given, and it is considered appropriate to use focused ultrasonic waves for this purpose.

Keywords: pipelines, defect, corrosion, object, control, non-destructive control, method.

Publication history

Article received: 01.11.2023

Article accepted: 15.11.2023

Article published online: 01.12.2023

DOI: 10.55858/PROHIS010123-81

EDITORIAL BOARD & INTERNATIONAL ADVISORY**Azerbaijan****Bilal Asadov**

Azerbaijan Medical University, Psychiatry Department, Professor. Doctor of MS.

Ibrahim Habibov

Azerbaijan State Oil and Industry University, Director of "Engineer" Design Center, Doctor of Technical Sciences.

Mehriban Ismayilova

Azerbaijan State Oil and Industry University, PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor.

Panah Suleymanlov

Deputy director of Azerbaijan State Scientific Research Institute of Labor Protection and Safety Techniques, Doctor of Philosophy in Technology.

Ramiz Humbatov

Azerbaijan Engineers University, professor, doctor of technical sciences.

Sakit Rasulov

Azerbaijan State Oil and Industry University, "Labor Protection" Department, Doctor of Technical Sciences.

Subhan Namazov

Vice-rector of Azerbaijan Technical University, doctor of technical sciences

Vagif Gurbanov

Executive director of the Oil and Gas Institute of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Doctor of Technical Sciences.

Georgia**Badri Gechbaia**

Batumi Shota Rustaveli State University. Head of Business Administration Department. PhD in Economics, Associate Professor.

Loid Karchava

Doctor of Business Administration, Association Professor at the Caucasus International University, Editor-in-Chief of the international Scientific Journal "Akhali Ekonomisti" (The New Economist)

Natia Shengelia

Georgian Technical University, Business Technology Faculty, Associate Professor.

Germany**Alexander Gusev**

Academician of the European Academy of Natural Sciences, head of the Department of Alternative Energy and Ecology (EANS, Hanover, Germany), Professor of STC "TATA" and Institute of Hydrogen Economics.

Lithuania**Ieva Meidute – Kavaliauskiene**

Vilnius Gediminas Technical University. Doctor of Technological Sciences. Head of Business Technologies and Entrepreneurship Department, Faculty of Business Management.

Zhaneta Simanavichienė

Mykolas Romeris University, Head of the Sustainable Innovation Laboratory, Public Security Academy, professor. Honorary Consul of the Republic of Estonia in Lithuania



Ukraine

Makhmudov Xanlar

Poltava State Agrarian University, head of the Department "Entrepreneurship and law", Doctor of Economics.

Olena Syniavska

Kharkiv National University of Internal Affairs, Department of Law Enforcement Activity and Policeistics, Doctor of Legal Sciences, Professor.

Valentina Drozd

State Scientific Research Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine. Doctor of Law, Associate Professor, Senior Researcher.

Vasyl Klymenko

Central Ukrainian National Technical University. Department of Electrical Systems and Energy Management. Doctor TS. Professor.

REDAKSIYA HEYƏTİ VƏ BEYNƏLXALQ MƏSLƏHƏT

Azərbaycan

Aydın Qafarov

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, "Gəmiqayırma və təmir" kafedrası, texnika elmləri doktoru.

Bilal Əsədov

Azərbaycan Tibb Universiteti, Psixiatriya kafedrası, professor. MS doktoru.

Əhəd Cənəhmədov

Milli Aviasiya Akademiyası, "Nəqliyyat mexanikası" kafedrası texnika elmləri doktoru.

İbrahim Həbibov

Azərbaycan Dövlət Neft Və Sənaye Universiteti, "Mühəndis" konstruktor mərkəzinin direktoru, texnika elmləri doktoru.

Qalib Əfəndiyev

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Neft və Qaz İnstitutunun şöbə müdiri, AMEA-nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru.

Mehriban İsmayilova

Azərbaycan Dövlət Neft Və Sənaye Universiteti, Geologiya və Minerologiya elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, "Əməyin mühafizəsi" kafedrası, Dosent.

Pənəh Süleymanlov

Azərbaycan Dövlət Əməyin Mühafizəsi və Təhlükəsizlik Texnikası Elmi- Tədqiqat İnstitutunun direktor müavini, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, Dosent .

Ramiz Hümbətov

Azərbaycan Mühəndislər Universiteti, professor, texnika elmləri doktoru.

Sakit Rəsulov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Əməyin mühafizəsi" kafedrası, texnika elmləri doktoru.

Sübhən Namazov

Azərbaycan Texniki Universitetinin prorektor, texnika elmləri doktoru.

Vaqif Qurbanov

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Neft və Qaz İnstitutunun icraçı direktoru, texnika elmləri doktoru.



AIMS AND SCOPE

IRETC NGO The Baltic Scientific Journals publishes peer-reviewed, original research and review articles in an open-access format. Accepted articles span the full extent of the social and behavioral sciences and the humanities.

IRETC NGO The Baltic Scientific Journals seeks to be the world's premier open-access outlet for academic research. As such, unlike traditional journals, IRETC NGO The Baltic Scientific Journals does not limit content due to page budgets or thematic significance. Rather, IRETC NGO The Baltic Scientific Journals evaluates the scientific and research methods of each article for validity and accepts articles solely on the basis of the research. Likewise, by not restricting papers to a narrow discipline, IRETC NGO The Baltic Scientific Journals facilitates the discovery of the connections between papers, whether within or between disciplines.

IRETC NGO The Baltic Scientific Journals offers authors quick review and decision times; a continuous-publication format; and global distribution for their research via IRETC NGO The Baltic Scientific Journals Online. All articles are professionally copyedited and typeset to ensure quality.

Those who should submit to IRETC NGO The Baltic Scientific Journals include:

- Authors who want their articles to receive quality reviews and efficient production, ensuring the quickest publication time.
- Authors who want their articles to receive free, broad, and global distribution on a powerful, highly discoverable publishing platform.
- Authors who want their articles branded and marketed by a world-leading social science publisher.
- Authors who want or need their articles to be open access because of university or government mandates.

TOPICS OF JOURNAL

International Economics
Financial Economics
Industrial Organization
Business Administration and Business Economics, Marketing, Accounting.
Agricultural and Natural Resource Economics, Environmental and Ecological Economics.
Education
Environmental studies
Industrial relations
Information science
International relations
Psychology
Public administration
Sociology
Social work
Sustainable development
Clinical Medicine
Education, and Welfare
Construction in Industry Safety
Safety in the Oil and Gas Industry
Safety in Residential Construction Industry



NGO Education Support & Investment Fund (Georgia, Tbilisi) is publishing scientific papers of scientists on Website and in Referred Journals with subjects which are mentioned below:

© **The Baltic Scientific Journals**

ISSN: 2613-5817; E-ISSN: 2613-5825; UDC: 0 (0.034);
DOI PREFIX: 10.36962/PIRETC
Proceeding of The International Research Education & Training Center.
<http://bsj.fisdd.org/index.php/piretc>

ISSN: 2674-4562, E-ISSN: 2674-4597, UDC: 620.9 (051) (0.034);
DOI PREFIX: 10.36962/ENECO
Proceedings of Energy Economic Research Center. ENECO
<http://bsj.fisdd.org/index.php/eneco-peerc>

ISSN: 1609-1620, E-ISSN: 2674-5224; UDC: 62 (051) (0.034);
DOI PREFIX: 10.36962/PAHTEI
Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institutions. PAHTEI
<http://bsj.fisdd.org/index.php/pahtei>

ISSN: 2663-8770, E-ISSN: 2733-2055; UDC: 672, 673, 67.01-67.02
DOI PREFIX: 10.36962/ETM
ETM Equipment, Technologies, Materials
<http://bsj.fisdd.org/index.php/etm>

ISSN: 2733-2713; E-ISSN: 2733-2721; UDC: 33
DOI PREFIX: 10.36962/SWD
SOCIO WORLD-SOCIAL RESEARCH & BEHAVIORAL SCIENCES
<http://bsj.fisdd.org/index.php/swd>

E-ISSN: 2587-4713; UDC: 620.9 (051) (0.034)
DOI PREFIX: 10.36962 / ECS
Economics
<https://scsj.fisdd.org/index.php/esc>

NGO Education Support & Investment Fund (Georgia, Tbilisi) is publishing scientific papers of scientists on its Website and in Referred Journals with subjects which are mentioned below:

© **Southern Caucasus Scientific Journals**

ISSN: 2346-8068; E-ISSN: 2346-8181; UDC: 611-618

DOI PREFIX: 10.36962/ALISJMSC

Ambiance in Life-International Scientific Journal in Medicine of Southern Caucasus.

<http://scsj.fisdd.org/index.php/ail>

Representation of the International Diaspora Center of Azerbaijan in Georgia. NGO (Georgia Tbilisi) and **NGO Education Support & Investment Fund (Georgia, Tbilisi)** are publishing scientific papers of scientists on its Website and in Referred Journals with subjects which are mentioned below:

© **Southern Caucasus Scientific Journals**

ISSN: 2298-0946, E-ISSN: 1987-6114; UDC: 3/k-144

DOI PREFIX: 10.36962/CESAJSC

The Caucasus-Economic and Social Analysis Journal of Southern Caucasus

<http://scsj.fisdd.org/index.php/CESAJSC>



Title of the Paper (14 point, Bold, Times New Roman)

First Author's Name¹, Second Author's Name², Third Author's Name³, ...

¹Affiliation (Department, Faculty/College, Institution/University)

^{2,3}Affiliation of other authors, if different (Department, Faculty/College, Institution/University)

Corresponding author's email:

(Affiliation^{1,2,3} Times New Roman, 10)

Article Type: Refer to the section policy of journal for acceptable article types.

ABSTRACT

(Times New Roman, 12)

The manuscript should contain an abstract within 300 words. The manuscript should have a self-contained, citation-free abstract and state briefly the purpose of the research, methodology, key results and major conclusions. Abstract should be in a single paragraph with running sentences. Do not use any subheading or point list within the abstract. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords: Authors are advised to write 3-5 keywords related to the article, separated by comma. These keywords will be used for indexing purpose.

Introduction (Times New Roman, 12)

Mostly Papers start with introduction. It contains the brief idea of work, requirement for this research work, problem statement, and Authors contribution towards their research. Sufficient recent reference citation [1] from last 2 years should be included for showing the existing challenges and importance of current work. This section should be succinct, with no subheadings unless unavoidable [2, 3]. State the objectives of the work and provide an adequate background related to your work, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Research Methodology (Times New Roman, 12)

This part should contain sufficient detail to reproduce reported data. It can be divided into subsections if several methods are described. Methods already published should be indicated by a reference [4], only relevant modifications should be described. Methodology should be written concisely in detail by maintaining continuity of the texts.

Theory and Calculation (Times New Roman, 12)

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis. Do not add extensive basic definitions or well-known theories, instead highlight theoretical background and its specific usages in view of your work only.

Mathematical Expressions and Symbols (Times New Roman, 12)

Mathematical expressions and symbols should be inserted using **equation tool** of Microsoft word. References may be added for used equations to support its authenticity, e.g. this result has been analysed using Fourier series [5].

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (1)$$

Results and Discussion (Times New Roman, 12)

This section may each be divided by subheadings or may be combined. A combined Results and Discussion section is often appropriate. This should explore the significance of the results of the work, don't repeat them. Avoid extensive citations and discussion of published literature only, instead discuss recent literature for comparing your work to highlight novelty of the work in view of recent development and challenges in the field.

Preparation of Figures and Tables (Times New Roman, 12)

Authors are supposed to embed all figures and tables at appropriate place within manuscript. Figures and tables should neither be submitted in separate files nor add at the end of manuscript. Figures and Tables should be numbered properly with descriptive title. Each Figure/Table must be explained within the text by referring to corresponding figure/table number. Any unexplained or unnumbered Figure/Table may cause rejection of the paper without being reviewed.

Formatting Tables (Times New Roman, 12)

Table should be prepare using table tool within the Microsoft word and cited consecutively in the text. Every table must have a descriptive title and if numerical measurements are given, the units should be included in the column heading. Formatting requirement has been summarized in the Table 1.

Table 1: Summary of formatting requirement for submitting paper in this journal.
(Times New Roman, 12)

Layout	Size	Margin (Normal)	Header	Footer	
Single column	A4 (8.27" X 11.69")	Top=1" Bottom=1" Left=1" Right=1"	Do not add anything in the header	So not add anything in the footer	
Font	Article Title	Headings	Subheadings	Reference list	Text
	Times New Roman, 16 pt, Bold, centred	Times New Roman, 11 pt, Bold, Left aligned	Times New Roman, 10 pt, Bold, Left aligned	Times New Roman, 8 pt, Justified	Garamond, 11 pt, Justified
Line Spacing	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Page number	We will format and assign page numbers				

(Times New Roman, 10)



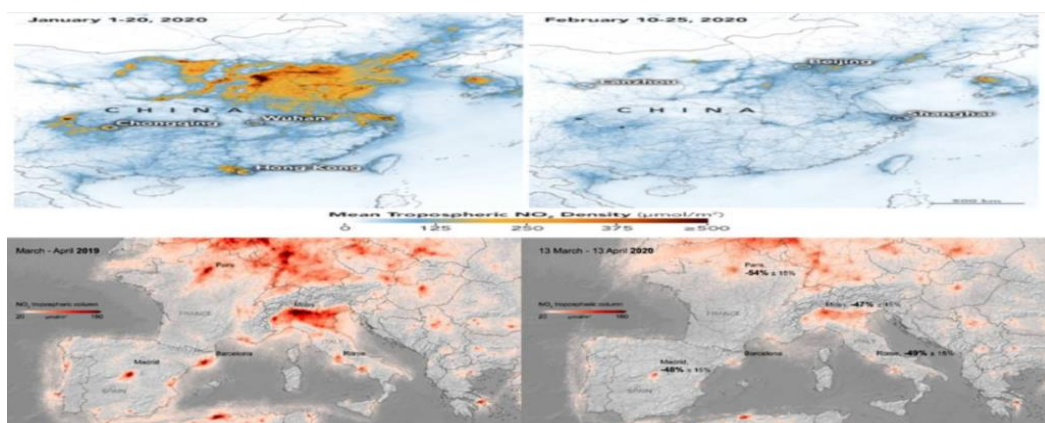


Figure 1: Logo of the IRETC Publisher (Times New Roman, 12)

Formatting Figures (Times New Roman, 12)

All figures should be cited in the paper in a consecutive order, author may be asked to provide separate files of the figure. Figures should be used in bitmap formats (TIFF, GIF, JPEG, etc.) with 300 dpi resolution at least unless the resolution is intentionally set to a lower level for scientific reasons. If a bitmap image has labels, the image and labels should be embedded in separate layer. Figure 1 shows the logo of AIJR Publisher.

Conclusions (Times New Roman, 12)

Each manuscript should contain a conclusion section within 250-450 words which may contain the major outcome of the work, highlighting its importance, limitation, relevance, application and recommendation. Conclusion should be written in continuous manner with running sentences which normally includes main outcome of the research work, its application, limitation and recommendation. Do not use any subheading, citation, references to other part of the manuscript, or point list within the conclusion.

Declarations (Times New Roman, 12)

Study Limitations (Times New Roman, 12)

Provide all possible limitation faced in the study which might significantly affect research outcome, If not applicable write, none.

Acknowledgements (Times New Roman, 12)

All acknowledgments (if any) should be included in a separate section before the references and may include list of peoples who contributed to the work in the manuscript but not listed in the author list.

Funding source (Times New Roman, 12)

Provide funding source, supporting grants with grant number. The name of funding agencies should be written in full, if no funding source exist, write, none.

Competing Interests (Times New Roman, 12)

Declare any potential conflict of interest exist in this publication.

Human and Animal Related Study (Times New Roman, 12)

If the work involves the use of human/animal subjects, each manuscript should contain the following subheadings under the declarations section-

Ethical Approval (Times New Roman, 12)

Provide ethical approval authority name with the reference number. If ethical approval is not required, provide an ethical exemption letter of not required. The author should send scan copy (in pdf) of the ethical approval/exemption letter obtained from IRB/ethical committee or institutional head.

Informed Consent (Times New Roman, 12)

Write a statement of informed consent taken from the participants to publish this research work. The editor may ask to upload scan copy if required.

References (Times New Roman, 12)

Author(s) are responsible for ensuring that the information in each reference is complete and accurate. **Do not use grey literature (unauthentic website, news portal, social media, Wikipedia etc) as reference, only scholarly literature (Journal, online books, proceedings, patents, authentic websites with permanent archival policy) are acceptable references.** Author should include sufficient recent (last 2 years) references in the article. All references must be numbered consecutively and citations of references in the text should be identified using numbers in square brackets (e.g., “as explained by AIJR [1]”; “as discussed in many reports [2]-[6]”). All references should be cited within the text correctly; do not add only list of references without citation within the text. All cited references should be listed after declarations section in the following style-

1. W. S. Author, “Title of paper,” Name of Journal in italic, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year. <https://doi.org/10.21467/ajgr>
2. Bahishti, “Peer Review; Critical Process of a Scholarly Publication”, J. Mod. Mater., vol. 2, no. 1, pp. 1.1-1.2, Oct. 2016. <https://doi.org/10.21467/jmm.2.1.1.1-1.2>
3. Bahishti, “A New Multidisciplinary Journal; International Annals of Science”, Int. Ann. Sci., vol. 1, no. 1, pp. 1.1-1.2, Feb. 2017. <https://journals.aijr.in/index.php/ias/article/view/163>
4. W. S. Author, “Title of paper,” Name of Journal in italic, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year. Access online on 20 March 2018 at <https://www.aijr.in/journal-list/advanced-journal-graduate-research/>
5. W. S. Author, “Title of paper,” Name of Journal in italic, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year. Access online on 5 March 2018 at <https://www.aijr.in/about/publication-ethics/>
6. M. Ahmad, “Importance of Modeling and Simulation of Materials in Research”, J. Mod. Sim. Mater., vol. 1, no. 1, pp. 1-2, Jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.21467/jmsm.1.1.1-2>

Main features of citation style are given as-



- The author name format is, "first name (Initial), middle name (Initial) and last name". This differs from other styles where author's last name is first.
- The title of an article (or chapter, conference paper, patent, etc.) is in quotation marks.
- The title of the book or journal is in italics.
- Online link of the original paper. If any reference is not available online, it should be modified with available online reference

Complete Detail of Each Author

Provide complete detail of each author in the following format as well as add each author with complete detail during online submission (step 3) in the same order as appears in the manuscript.

First Author's Full Name: (Times New Roman, 12)

Highest Qualification:

Department:

Post/Rank (If a student, provide course name and course year):

Affiliation (College/University/Institute) with postal address:

email id:

ORCID:

Mobile:

Second Author's Full Name: (Times New Roman, 12)

Highest Qualification:

Department:

Post/Rank (If a student, provide course name and course year):

Affiliation (College/University/Institute) with postal address:

email id:

ORCID:

Mobile:

Third Author's Full Name: (Times New Roman, 12)

Highest Qualification:

Department:

Post/Rank (If a student, provide course name and course year):

Affiliation (College/University/Institute) with postal address:

email id:

ORCID:

Mobile:

[illegible]

Publisher Management Board Member: Suada Hacıyeva
Publisher Technical & Reviewer Team Manager: Lada Mehdiyeva

Nəşriyyatın İdarə Heyətinin Üzvü: Suada Hacıyeva
Nəşriyyatın Texniki və Resenzent Qrupun Meneceri: Lada Mehdiyeva

©Publisher: AZDEMTTETİ JP, I/C 1500129041 (Azerbaijan).
Director: Mammad Bağır-zadə.
Registered address: 108, Tebriz str., Baku, Azerbaijan, AZ1033.
©Editorial office: 108, Tebriz str., Baku, Azerbaijan, AZ1033.
©Typography: ASSRILPS JP, I/C 1500129041 (Azerbaijan).
Registered address: 108, Tebriz str., Baku, Azerbaijan, AZ1033.
Telephones: +994 12 512 15 70 (1028) ; +994 50 255 08 14 (Whatsapp)
Website: <https://azdemtteti.az>
E-mail: s.hajiyeva@azdemtteti.az; suadath@gmail.com

©Nəşriyyat: AZDƏMTTETİ HŞ, VÖEN 1500129041 (Azərbaycan).
Direktor: Məmməd Bağır-zadə.
Qeydiyyat ünvanı: 108, Təbriz küçəsi, Bakı, Azərbaycan, AZ1033.
©Redaksiya: 108, Təbriz küçəsi, Bakı, Azərbaycan, AZ1033.
©Mətbəə: ADƏMTTETİ HŞ, VÖEN 1500129041 (Azərbaycan).
Qeydiyyat Ünvanı: 108, Təbriz küçəsi, Bakı, Azərbaycan, AZ1033.
Telefonlar: +994 12 512 15 70(1028) ; +994 50 255 08 14 (Whatsapp)
Veb sahifə: <https://azdemtteti.az>
E-mail: s.hajiyeva@azdemtteti.az; suadath@gmail.com

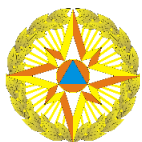
©Publisher: IRETC. MTÜ (Estonia, Tallinn), R/C 80550594.
©Editorial office: Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117
Website:
E-mail: sc.mediagroup2017@gmail.com

©Nəşriyyat: MTÜ Beynəlxalq Tədqiqat, Təhsil & Təlim Mərkəzi. Q/N 80550594.
©Redaksiya: Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117

ISSN: 2806-3678; E-ISSN: 2806-366X; DOI: 10.55858 / PROHIS; UDC: 61, 62, 63, 66, 68, 69

PROCEEDINGS OF OCCUPATIONAL HEALTH & INDUSTRIAL SAFETY

Accepted for publication in this edition 01.12.2023



©MTÜ IRETC, ©JP AZDEMTTETI. All rights reserved. Reproduction, storage in a retrieval system, or transmitted in any form, electronic or any journal publishing is permitted only with the agreement of the publishers. The journal is published and is shared in hard and soft copy. The editorial board is not responsible for the contents of advertisements and papers. The editorial board's views can differ from the author's opinion. The journal was published and issued by The Southern Caucasus Media.



JOURNAL INDEXING



©Publisher: IRETC. MTÜ (Estonia, Tallinn), R/C 80550594.

©Editorial office: Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Narva mnt 5, 10117

E-mail: info@bsj.fisdd.org, sc.mediagroup2017@gmail.com

©Publisher: AZDEMTTETI JP, I/C 1500129041 (Azerbaijan).

Registered address: 108, Tebriz str., Baku, Azerbaijan, AZ1033.

©Editorial office: 108, Tebriz str., Baku, Azerbaijan, AZ1033.

©Typography: ASSRILPS JP, I/C 1500129041 (Azerbaijan).

Registered address: 108, Tebriz str., Baku, Azerbaijan, AZ1033.

Telephones: +994 12 512 15 70 (1028) ; +994 50 255 08 14 (Whatsapp)

Website: <https://azdemtteti.az>

E-mail: s.hajiyeva@azdemtteti.az; suadath@gmail.com

ISSN: 2806-3678; ISSN: 2806-366X, DOI: 10.55858 / PROHIS

© THE BALTIC SCIENTIFIC JOURNALS

PROHIS

PROCEEDINGS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND INDUSTRIAL SAFETY

ƏMƏYİN MÜHAFİZƏSİ VƏ SƏNAYE TƏHLÜKƏSİZLİYİ ÜZRƏ MƏQALƏLƏR TOPLUSU

MULTIDISCIPLINARY JOURNAL
REFEREED & REVIEWED JOURNAL

VOLUME 01 ISSUE 01 2023

CİLD 01 BURAXILIŞ 01 2023

